

汤莉莉, 牛生杰, 徐建强, 等. 铅对不同土壤中青菜生长的影响 [J]. 南京气象学院学报, 2008, 31(1): 104-108

## 铅对不同土壤中青菜生长的影响

汤莉莉<sup>1</sup>, 牛生杰<sup>2</sup>, 徐建强<sup>1</sup>, 晏培<sup>1</sup>, 杨雪贞<sup>1</sup>, 谢学俭<sup>1</sup>  
(南京信息工程大学 1. 环境科学与工程学院; 2 大气物理与大气环境重点实验室, 江苏 南京 210044)

**摘要:** 采用盆栽试验, 研究了南京和北京土壤中 Pb 污染对青菜生长的影响。结果表明: 土壤质地对青菜生长有明显的影响; 在土壤 Pb 含量低的处理水平下, 对青菜的生长有一定影响; 低含量范围内, 青菜中 Pb 含量随土壤 Pb 处理含量的增加出现先升后降的变化趋势; 在 100 mg/kg 时, 青菜的生长受到抑制, 植株中 Pb 的含量高于对照组和 200 mg/kg Pb 处理。

**关键词:** 青菜; 土壤; 盆栽实验; Pb 污染

**中图分类号:** S131.3 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-2022(2008)01-0104-05

## Effect of Lead on the Growth of *Brassica campestris* SSP. *chinensis* Makino in Different Soils

TANG Li-ly<sup>1</sup>, NIU Sheng-Jie<sup>2</sup>, XU Jian-qiang<sup>1</sup>,

YAN Pej YANG Xue-zheng<sup>1</sup>, XIE Xue-jian<sup>1</sup>

(1. School of Environmental Science and Engineering

2 Key Laboratory of Atmospheric Physics & Environment (LAPE), NUIST, Nanjing 210044 China)

**Abstract** The pot experiment was conducted to study the effect of lead, especially at low levels, in Nanjing and Beijing soils on the growth of *Brassica campestris* SSP. *chinensis* Makino. Results show that the texture of soil and lead pollution had effects to a certain extent on the growth of *Brassica campestris* SSP. *chinensis* Makino. Lead content in plant presented an increase-to-decrease trend with the rising concentration of soil lead. Under the treated concentration of lead at 100 mg/kg, the growth of *Brassica campestris* SSP. *chinensis* Makino was inhibited and the content of lead in the plant was higher than control groups.

**Key words** *Brassica campestris* SSP. *chinensis* Makino; soil potted experiment; lead pollution

## 0 引言

随着工农业生产的发展和有色金属矿产的开采, 大量有色金属已泄露到环境中, 造成局部农业用地受到重金属的严重污染<sup>[1]</sup>。有关重金属污染的研究因其潜伏性、长期性和后果的严重性, 受到了科学工作者很大的关注<sup>[1-3]</sup>。重金属元素进入土壤后, 会产生明显的生物效应<sup>[4-8]</sup>, 例如可导致植物特别是其根部中毒、植株枯萎死亡、产量降低等。其中, Pb 是典型重金属之一, 其毒性强、危害大, 越来越受到人们的关注<sup>[9]</sup>。Pb 污染不仅会引起土壤微生物<sup>[10]</sup>及其活性的变化, 还会改变土壤肥力<sup>[11]</sup>, 而且, 过多

的 Pb 会使植物生长受到抑制或不正常地促进某些酶的活性, 从而影响光合作用和呼吸作用, 不利于植物对养分的吸收, 最终影响作物的产量与质量<sup>[12]</sup>。

土壤是植物吸收 Pb 的主要来源<sup>[1]</sup>, 因而土壤一旦遭受 Pb 污染, 其上生长的植物就有可能吸收较多的 Pb。影响作物对 Pb 吸收的主要因素包括土壤有机质含量、阳离子交换能量、pH 值、土壤中三氧化二铁含量等<sup>[13-14]</sup>。

关于在不同土壤中 Pb 污染在低含量范围内对青菜吸收 Pb 的影响鲜见报道。本研究通过青菜盆栽试验, 研究低含量 Pb 对青菜生长影响和不同土壤对青菜吸收 Pb 的影响, 以期为后续的植物修复工作

收稿日期: 2006-11-13 改回日期: 2007-05-11

基金项目: 江苏省高校自然科学基金研究计划资助项目 (05KJB610074); 南京信息工程大学科研基金资助项目 (Y511)

作者简介: 汤莉莉 (1973), 女, 博士生, 副教授, 研究方向为环境化学, lily3258@163.com.

提供基础科学数据, 同时探讨了去除环境土壤中重金属元素的方法<sup>[15]</sup>。

## 1 试验与方法

### 1.1 青菜盆栽实验

南京土壤取自南京信息工程大学附近农田土壤(黄棕壤, A 层), 北京土壤取自北京香山公园附近农田土壤(棕壤, A 层)。土样风干、压碎, 剔除根系、碎石, 用粗筛过筛(孔径 2 mm ~ 2 mm), 分别按 1 g/kg 的比例添加尿素和钾肥(KCl), 混合均匀。定量称取 1 kg 土壤移入 1.5 kg 容量的陶盆中, 再添加 Pb(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>, Pb 含量依次为 0、100、200、500、1 000 mg/kg 充分搅拌, 搁置平衡 10 d 重新搅拌后, 每盆点播已出芽的青菜种。生长一周后间苗, 每盆留 4 苗。青菜生长期保持土壤湿度为田间持水量的 60%。生长 36 d 后收获, 取地上部, 测量株高、鲜重、茎长和叶长。在 105 ℃ 下杀青半小时, 70 ℃ 烘干, 称取干重, 粉碎至 200 目以下。

供试植物: 青菜 (*Brassica campestris* SSP. *chinensis* Makino), 婺源无公害品种, 购自南京市种子站。

### 1.2 样品测试分析方法

pH 值的测定: 称取约 5 g 的土壤, 加入 0.01 mol/L 的 CaCl<sub>2</sub> 溶液 50 mL 恒温振荡 5 h, 在浑浊状态下用 pH 计测定。

土壤有机碳 (TOC) 的测定采用重铬酸钾容量法: 取土样研磨过筛 100 目, 在外加热条件下, 用一定浓度的重铬酸钾-硫酸溶液氧化土壤, 剩余重铬酸钾用硫酸亚铁滴定, 从所消耗的重铬酸钾量计算 TOC 含量。重铬酸钾、硫酸均为优级纯<sup>[16-18]</sup>。

土壤和植物样品中全量 Pb 的测定采取王水-高氯酸消煮-原子吸收光谱法; 全氮含量采用半微量凯氏法, 全磷测定采取高氯酸-硫酸消煮, 紫外分光光度计测定。以上具体实验方法参见文献[18], 土壤的理化性质见表 1。

## 2 结果与分析

在整个盆栽试验过程中, 在所添加的 Pb 含量区间内, 没有观察到 Pb 对青菜明显的毒害病症(如植株枯萎和叶色不一致变化等), 为作物对土壤中 Pb 吸收对比奠定了基础。

### 2.1 不同浓度 Pb 处理对青菜生长发育的影响

土壤中施加 Pb 在低含量范围内对青菜生长有一定影响, 且影响大小与所施加的土壤种类有关。由表 2 可见, 经 4 个 Pb 处理后, 青菜地上部分生物量与对照 (Pb 处理为 0 mg/kg) 相比均达到显著性差异(显著性水平达到 0.05), 随着含量的升高, 两种类型土壤盆栽试验中青菜生物量均表现出先降低后升高, 所有青菜的生物量均低于对照, 由此说明 Pb 对青菜生长有一定的抑制作用(表 2 图 1)。

表 1 供试土壤的基本理化性质

Table 1 Physical and chemical properties of the tested soils

| 土壤类型  | pH 值 | TOC/(g kg <sup>-1</sup> ) | Pb/(mg kg <sup>-1</sup> ) | 全 N/(g kg <sup>-1</sup> ) | 全 P/(g kg <sup>-1</sup> ) |
|-------|------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|
| 北京棕壤  | 8.25 | 22.48                     | 40.87                     | 0.65                      | 0.38                      |
| 南京黄棕壤 | 7.00 | 16.76                     | 50.11                     | 1.41                      | 0.73                      |

表 2 不同土壤中不同 Pb 处理对青菜生长的影响

Table 2 Effects of different concentrations of Pb in different soils on *Brassica campestris* SSP. *chinensis* Makino

| 土壤类型  | Pb 处理/(mg kg <sup>-1</sup> ) | 茎长/cm | 叶长/cm | 株高/cm | 鲜重/g |
|-------|------------------------------|-------|-------|-------|------|
| 南京黄棕壤 | 0                            | 3.38  | 7.72  | 11.11 | 2.51 |
|       | 100                          | 3.00  | 7.16  | 10.17 | 1.40 |
|       | 200                          | 3.64  | 7.12  | 10.77 | 1.90 |
|       | 500                          | 3.49  | 7.39  | 10.88 | 2.20 |
|       | 1 000                        | 3.52  | 7.53  | 11.09 | 2.23 |
| 北京棕壤  | 0                            | 3.42  | 8.98  | 10.34 | 2.50 |
|       | 100                          | 2.89  | 7.06  | 10.08 | 1.56 |
|       | 200                          | 3.18  | 7.29  | 9.38  | 1.69 |
|       | 500                          | 3.18  | 7.40  | 10.17 | 1.82 |
|       | 1 000                        | 3.21  | 7.32  | 10.43 | 1.80 |

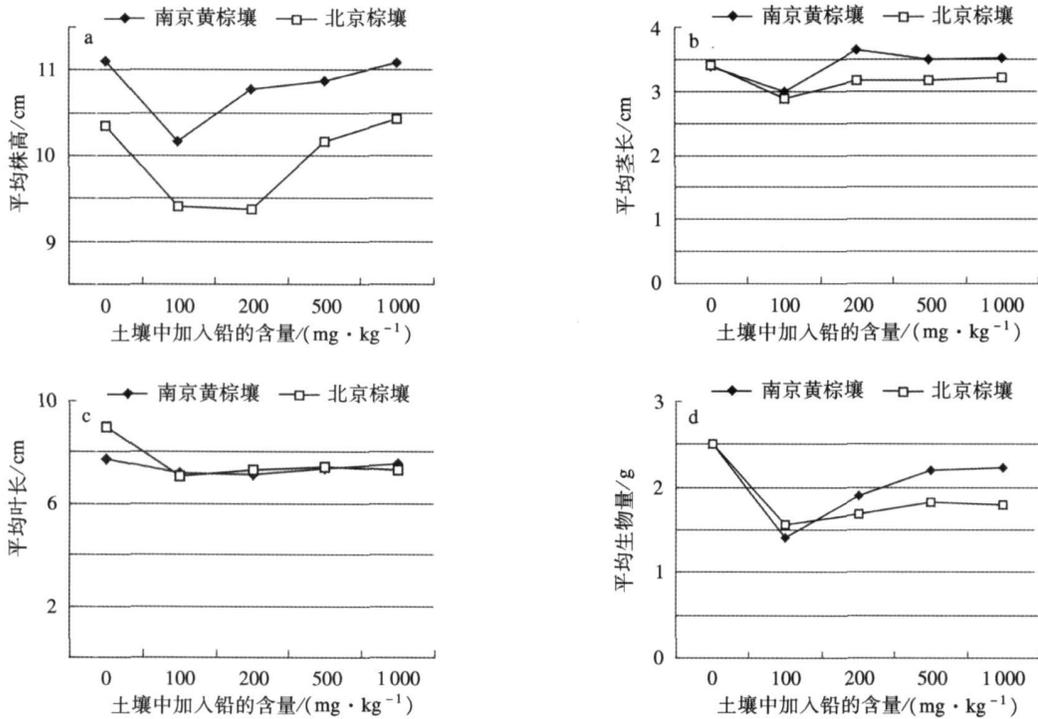


图 1 不同土壤中加入不同 Pb 含量对青菜平均株高 (a)、平均茎长 (b)、平均叶长 (c) 和平均生物量 (d) 的影响

Fig. 1 Influences of Pb in different soils on the (a) plant size (b) cauline (c) leaf length, and (d) biomass of *Brassica campestris* SSP. *chinensis* Makino

但是无论是生长在北京棕壤还是南京黄棕壤上的青菜, 在 Pb 处理 100 mg/kg 时, 植株生物量、茎长、叶长均低于其他 Pb 处理和对照组 (表 2 图 1)。北京棕壤上青菜的生长变化与南京黄棕壤相似, 但 Pb 处理 100 mg/kg 株高高于 200 mg/kg Pb 处理。

从生长过程看, 在 Pb 处理 100 mg/kg 时, 与对照组相比, 一直生长缓慢, 青菜矮小, 茎较细显得很瘦弱, 同时青菜生长早期阶段曾出现过叶片发蔫现象。土样在 200 mg/kg, 500 mg/kg, 1 000 mg/kg Pb 处理时, 青菜的长势均好于 100 mg/kg 组的长势, 说明这些 Pb 处理土壤对青菜的生长影响不明显。因此在本实验条件下, 100 mg/kg Pb 污染是青菜生长的抑制作用的临界值。

在实验条件下, Pb 对青菜幼苗生长的影响有可能存在两方面原因: 1) 通过抑制根的生长, 从而抑制了对营养的吸收; 2) 使叶绿素含量减少, 光合作用受阻, 以致产量下降<sup>[1]</sup>。

从统计结果看, 在添加等量 Pb 时, 对南京黄棕壤中植株的影响比北京棕壤大。在此添加 Pb 含量的范围内, 随着 Pb 含量的增大, 南京土壤盆栽试验青菜的茎长和株高均高于相应北京土盆栽实验 (表 2 图 1), 叶长大小和变化趋势在两种土壤中基本一

致。根据土壤理化性质 (表 1), 棕壤的全磷和全氮低于南京黄棕壤, 但其 pH 值和 TOC 值均高于南京农田土壤。一般说来, 随着 pH 值的升高, 土壤对 Pb 的固定能力增强<sup>[1]</sup>, 可见土壤质地对植物生长有明显的影 响。本实验中, 在同种土壤类型条件下, pH 值对重金属元素的生物有效性影响有待于进一步研究。

### 2.2 不同土壤 Pb 污染对青菜吸收 Pb 的影响

由表 3 可知, 青菜在不同 Pb 处理下的含 Pb 量与对照相比, 均达显著性差异 (显著性水平达到 0.05)。随着土壤中 Pb 含量的增高, 青菜中 Pb 的含量先增高后降低。在北京棕壤和南京黄棕壤中, 不同 Pb 处理情况下, 随着土壤中 Pb 含量的变化, 青菜地上部 Pb 的含量变化趋势是一致的, 即青菜对不同土壤中 Pb 元素的吸收和积累特性是相同的。

从同期生长在北京棕壤和南京黄棕壤的青菜吸收 Pb 的情况来看 (表 3 图 2), 由于土壤质地的差异引起了青菜对 Pb 吸收的不同, 在实验条件下, 南京黄棕壤青菜地上部吸收 Pb 含量与北京棕壤相比差异较小, 但在此含量范围内, 南京青菜中 Pb 的含量均低于同处理的北京青菜中 Pb 的含量, 在土壤中 Pb 添加量高时更是如此, 最大可相差近 1.5 倍。

在 100 mg/kg Pb 处理土壤中, 青菜吸收 Pb 量较 200 mg/kg、500 mg/kg 处理高 (表 3)。原因可能是此处理 Pb 污染对青菜的生长产生抑制作用, 青菜的 Pb 积累过高导致植株生长缓慢, 表现为 100 mg/kg 土壤中青菜鲜重均明显低于对照和其他 Pb 处理情况 (表 2)。

污染重金属的生物效应与其在土壤中的含量有着十分密切的关系, 一般来说, 植物吸收重金属的浓度随土壤中金属浓度的增高而增加, 在污染土壤中生产的农作物平均重金属含量亦较高, 有关这方面的问题曾有过大量的研究<sup>[1-2, 19]</sup>。在本实验中, 北京棕壤 Pb 处理与青菜中 Pb 的含量表现出较好的正相关, 相关系数为 0.8294 而南京黄棕壤相关性较差, 相关系数只有 0.6402 (图 3), 进一步说明了土

表 3 不同土壤 Pb 处理对青菜吸收 Pb 的影响

Table 3 Pb concentrations of *Brassica campestris* SSP. *chinensis* Makino in different soil conditions

| 土壤类型  | Pb 处理 / (mg · kg <sup>-1</sup> ) | 茎叶中 Pb 的含量 / (g · g <sup>-1</sup> ) | 土壤中 Pb 的含量 / (g · g <sup>-1</sup> ) |
|-------|----------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|
| 南京黄棕壤 | 0                                | 101.68                              | 136.28                              |
|       | 100                              | 254.03                              | 268.51                              |
|       | 200                              | 111.22                              | 368.11                              |
|       | 500                              | 131.23                              | 805.79                              |
|       | 1 000                            | 314.26                              | 1101.23                             |
| 北京棕壤  | 0                                | 100.81                              | 127.31                              |
|       | 100                              | 282.64                              | 249.15                              |
|       | 200                              | 145.46                              | 304.65                              |
|       | 500                              | 205.94                              | 747.58                              |
|       | 1 000                            | 450.37                              | 989.57                              |

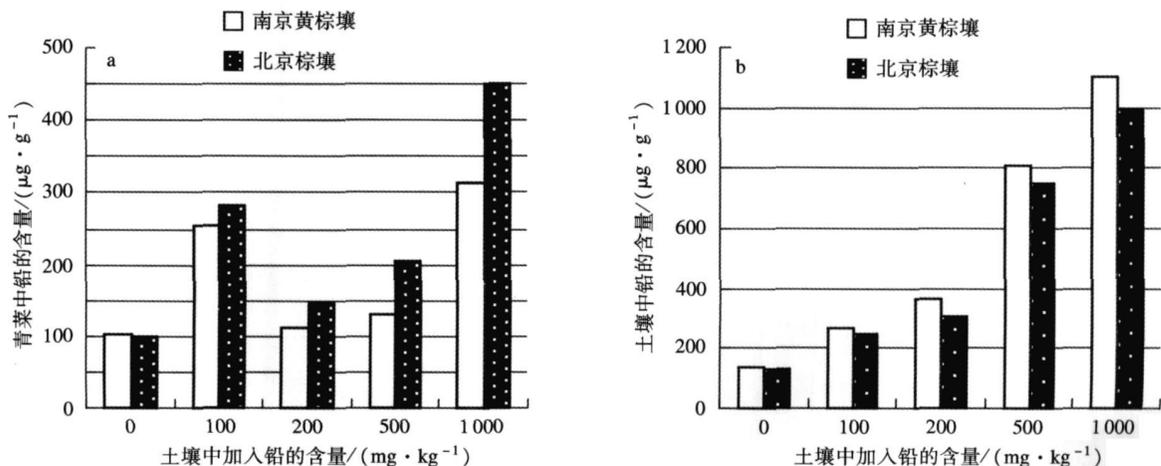


图 2 不同 Pb 处理对不同土壤中青菜体内的 Pb 含量 (a) 和土壤 Pb 含量 (b) 的影响 (单位: mg/kg)

Fig. 2 Pb contents (mg/kg) of (a) *Brassica campestris* SSP. *chinensis* Makino and (b) soil in different soil conditions

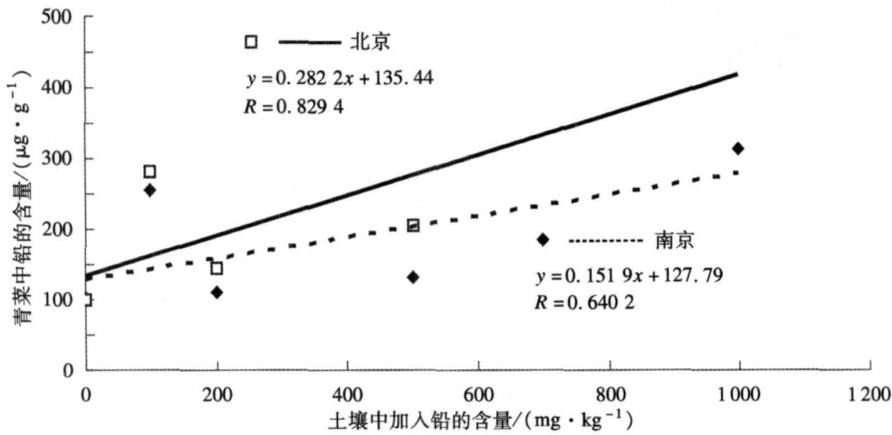


图 3 土壤中 Pb 的添加含量与青菜 Pb 含量之间的相关性

Fig. 3 Correlation analysis between Pb contents in *Brassica campestris* SSP. *chinensis* Makino and Pb added in soils

### 3 小结

(1) 在 Pb 含量分别为 100 mg/kg、200 mg/kg、500 mg/kg 和 1 000 mg/kg 的污染土壤上, 青菜能够正常生长, 说明这些 Pb 处理土壤对青菜生长的影响不明显。

(2) 重金属元素污染的北京棕壤和南京黄棕壤对青菜地上部的生物量与 Pb 积累影响差异较大, 说明土壤质地对青菜生长有明显的影

响。(3) 在 Pb 含量为 100 mg/kg 的土壤上中, Pb 轻度抑制青菜的生长而使青菜出现失绿黄化症状。因此, 初步认为, 在本实验条件下, 低含量范围内, 100 mg/kg Pb 污染是抑制青菜生长的临界值。

(4) 植物在吸收大量 Pb 的情况下仍能保持良好的生长状态表明, Pb 通过植物吸收途径进入食物链, 对人体健康造成的危害, 具有潜在性和隐蔽性。

### 参考文献:

- [1] 陈怀满. 土壤-植物系统中的重金属污染 [M]. 北京: 科学出版社, 1996
- [2] 孙铁珩, 周启星, 李培军. 污染生态学 [M]. 北京: 科学出版社, 2001
- [3] 樊曙先, 金国兴, 陈世功, 等. 银川市大气可吸入颗粒物质量浓度特征研究 [J]. 南京气象学院学报, 2005, 28(4): 492-498
- [4] 杨元根, Paterson E, Campbell C. 城市土壤中重金属的积累及其微生物效应 [J]. 环境科学, 2001, 22(3): 44-48.
- [5] 孟昭福, 张增强, 薛澄泽, 等. 用幼苗法指示污泥和土壤中重金属的植物有效性 [J]. 环境化学, 2001, 20(2): 129-137
- [6] Grakovskii V G, Frid A S, Timokhin P A. Evaluation of soil pollution by heavy metals and arsenic in Chelyabinsk Oblast [J]. Eurasian Soil Science, 1997, 30(1): 74-81
- [7] Terek H, Stuczynski T, Piotrowska M. Heavy metals in agricultural soils in Poland [J]. Polish Journal of Soil Science, 1997, 30(2): 35-42
- [8] Jones L H P, Jarvis S C, Cowling D W. Lead uptake from soils by Perennial ryegrass and its relation to the supply of an essential element (sulphur) [J]. Plant and Soil, 1973, 38: 605-619
- [9] 卢瑛, 龚子桐, 张甘霖, 等. 南京城市土壤重金属含量及其影响因素 [J]. 应用生态学报, 2004, 15(1): 123-126
- [10] 郑春荣, 孙兆海, 周东美, 等. 土壤 Pb、Cd 污染的植物效应 (I) Pb 污染对水稻生长和 Pb 含量的影响 [J]. 农业环境科学学报, 2004, 23(3): 417-421
- [11] Suhadolc M, Schroll R, Gättinger A, et al. Effects of modified Pb-, Zn-, and Cd-availability on the microbial communities and on the degradation of isoproturon in a heavy metal contaminated soil [J]. Soil Biology and Biochemistry, 2004, 36(12): 1943-1954.
- [12] 廖敏, 陈雪花, 陈承利, 等. 土壤-青菜系统中铅污染对土壤微生物活性及多样性的影响 [J]. 环境科学学报, 2007, 27(2): 220-227
- [14] Miller J E, Hassett J J, Koeppe D E. The effect of soil properties and extractable lead levels on lead uptake by soybeans [J]. Soil Sci Plant Anal, 1975, 6: 339-347.
- [15] 骆永明. 重金属污染土壤的植物修复 [J]. 土壤, 1999, 31(5): 261-265
- [16] 汤莉莉, 唐翔宇, 朱永官, 等. 北京地区土壤中多环芳烃的分布特征 [J]. 解放军理工大学学报: 自然科学版, 2004, 5(2): 95-99
- [17] 汤莉莉, 牛生杰, 朱永官, 等. 北京市部分地区土壤和植物中多环芳烃的分布 [J]. 南京气象学院学报, 2006, 29(6): 28-33.
- [18] 鲍士旦. 土壤农化分析 [M]. 3版. 北京: 中国农业出版社, 1998.
- [19] 骆永明, 滕应, 过园. 土壤修复-新兴的土壤科学分支学科 [J]. 土壤, 2005, 37(3): 8-13