

构树对菱镁矿区破损土地的生态适应性

焦阳¹, 贾春云^{2*}, 范文玉¹, 姜春阳³, 台培东² (1. 沈阳化工大学, 辽宁沈阳 110142; 2. 中国科学院沈阳应用生态研究所污染生态与环境工程重点实验室, 辽宁沈阳 110016; 3. 沈阳理工大学, 辽宁沈阳 110168)

摘要 [目的] 研究菱镁矿粉尘对土壤理化性质的影响以及构树对镁粉尘污染土壤的耐受性。[方法] 采用盆栽试验, 室内模拟氧化镁粉尘沉降、人工掺和废矿堆。[结果] 当镁粉尘施加量小于10%时, 促进构树生长, 当土壤镁含量为4.17 g/kg时, 构树单株生物量达3.46 g, 明显大于洁净土壤的生物量(2.81 g); 构树对生长土质的要求低, 土壤中矿石含量25%时, 生物量最大为6.12 g, 明显比洁净土壤生物量高出3.31 g; 施加镁粉尘明显改变了构树生长土壤的理化性质, pH由6.78升到9.48, 电导率先增加到651.8 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 后降至375.7 $\mu\text{S}/\text{cm}$, 速效磷含量从52.1 mg/kg降至16.9 mg/kg, 全镁含量从1.403 g/kg升至9.015 g/kg。[结论] 构树对镁具有较强耐受能力, 并对生长土质要求低, 在不同程度破损土质中均能健康生长, 在修复菱镁矿区镁污染土地方面具有相当大的潜力。

关键词 构树; 菱镁矿; 粉尘; 生态修复

中图分类号 S181.3; X53 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2014)16-05063-03

Ecological Adaptability of *Broussonetia papyrifera* in Damaged Land of Magnesite Mining Area

JIAO Yang, JIA Chun-yun et al (Shenyang University of Chemical Technology, Shenyang, Liaoning 110142; Key Laboratory of Pollution Ecology and Environmental Engineering, Institute of Applied Ecology, Chinese Academy of Sciences, Shenyang, Liaoning 110016)

Abstract [Objective] Effects of magnesite powder dust on soil physical and chemical properties and tolerance of *Broussonetia papyrifera* on magnesium dust polluted soil were studied. [Method] Magnesite spraying simulation in laboratory and waste rock field mixing artificially were used. [Result] *Broussonetia papyrifera* could grow better when the content of magnesium dust was lower than 10% (w/w , dust/(dust + soil)). The biomass of *Broussonetia papyrifera* was 3.46 g as the magnesium content was 4.17 g/kg, and was larger than that on clean soil of 2.81 g. *Broussonetia papyrifera* could grow in the worse soil, and the maximum biomass reached 6.12g, when the ore content in soil was 25%, 3.31 g over 2.81 g obviously from the clean soil. Magnesium dust addition also changed the physical-chemical properties of soil, pH increased from 6.78 to 9.48, the conductivity first increased to 651.8 $\mu\text{S}/\text{cm}$ following decreased to 375.7 $\mu\text{S}/\text{cm}$, available phosphorus content decreased from 52.1 mg/kg to 16.9 mg/kg, and total magnesium content increased from 1.403 g/kg to 9.015 g/kg. [Conclusion] *Broussonetia papyrifera* showed a great tolerance to magnesium dust. It could grow well in different damaged soil, and had a great potential in remediation of magnesium dust polluted soil.

Key words *Broussonetia papyrifera*; Magnesite; Dust; Ecological restoration

菱镁矿是一种重要的矿产资源, 被广泛应用于材料、航天、交通、通信和电子产品等行业, 与人类的生活息息相关。我国拥有的菱镁矿资源居世界首位, 主要集中在素有“镁都”之称的辽宁省海城和大石桥一带^[1]。菱镁矿在破碎、分选、烧结及运输过程中产生大量的粉尘、烟尘, 通过风力推动, 飘移到附近耕地土壤、空气中, 对矿区附近的生态环境造成严重的污染与破坏, 同时对周边农业生产以及人类身体健康产生严重危害。菱镁矿粉尘的主要成分是 MgCO_3 和 MgO ^[2]。镁粉尘具有一定的腐蚀性, 会使作物的叶片与根系直接受到伤害, 造成作物的减产甚至绝产; 沉降于地面, 造成土壤板结, 作物生长发育环境恶劣, 草本植物减少; 在污染严重区域, 草本植物几乎不能生存, 仅有少量的灌木和松树幼苗存在^[3-7]。

用于修复土壤的植物种类应具备生长快、根系发达、易栽培等特点。构树别名榿、楮树、鹿仔树、谷浆树、野杨梅子等, 为桑科(Moraceae)构树属(*Broussonetia*)多年生落叶乔木或灌木, 雌雄异株, 株高可达20 m^[8]。构树属全世界共有5种, 分布于亚洲东部和太平洋岛屿。我国有构树、小构树、藤

构3种, 分布于我国除东北北部、西北北部以外的大部分地区, 大多数野生, 少量栽培^[9]。构树为阳性树种, 具有一定的耐荫性, 适应环境的能力极强, 既耐干旱、贫瘠、盐碱, 又耐干冷湿热气候, 在酸性、中性或石灰质土、含盐量14%以下的土地和深山荒地均能旺盛生长^[10]。构树韧皮纤维含量高, 是生产制造高级用纸、高级混纺等产品的优质原材料^[11]; 构树树叶是生产加工鱼类和动物饲料的优质绿色原料^[12]; 构树果实可制成天然性保健果汁饮品^[13]; 构叶、果实、楮实子、树皮、根皮和乳汁均含有一定的生理活性物质, 具有广泛的医药用途^[14]。笔者以构树为研究对象, 通过温室盆栽试验研究了构树对土壤中镁污染的耐受、积累能力, 以了解它对镁污染土壤修复的可能性、潜力, 为辽中南菱镁矿区大面积镁污染破损土地的修复提供技术和理论指导。

1 材料与方法

1.1 试验材料 供试构树树苗购自大连中植环境生物科技有限公司。供试土壤采自中国科学院沈阳生态研究所沈阳生态实验站, 室内自然风干(室温约25 $^{\circ}\text{C}$), 用研钵磨细, 过1 mm尼龙筛, 备用。供试土壤基本性质为: pH 6.83, 有机质26.40 g/kg, 全碳含量17.70 g/kg, 全氮含量1.10 g/kg, 全磷0.35 g/kg。供试矿石采自海城菱镁矿区。供试矿粉为轻烧氧化镁, 过100目筛, 备用。

1.2 试验设计 将已风干、磨细的土壤称重, 装盆。从所购构树树苗中选取长势一致的树苗, 移入盆中, 每盆定株1株, 放入光照温室中培养。

基金项目 国家自然科学基金项目(41201310, 41271336, 41101295, 40930739)和沈阳大学区域污染环境生态修复教育部重点实验室基金项目。

作者简介 焦阳(1988-), 男, 河南洛阳人, 硕士研究生, 研究方向: 土壤污染生态。*通讯作者, 助理研究员, 博士, 从事污染生态方面的研究。

收稿日期 2014-05-13

经过 30 d 的缓和期后,根据菱镁矿区土壤矿粉污染程度,向盆内土壤表面投加菱镁矿粉,使其形成不同程度的镁污染,分别为 0(对照)、5%、10%、15%、20%、30% [w/w,菱镁矿粉/(菱镁矿粉+土壤)],分别记为 G₀、G₁、G₂、G₃、G₄、G₅。另选取一定量的矿石,与土壤混合形成含有不同程度碎矿石的土壤,混合比例分别为 0(CK)、10%、15%、25%、50%、70%、100% [w/w,矿石/(矿石+土壤)],分别记为 W₀(C₀)、W₁、W₂、W₃、W₄、W₅、W₆。移入盆中后洒水 1 000 ml,在培养期间保持土壤润湿。

在镁污染土壤中培养 60 d 后,分别对植物和土壤采样。将植物从盆中连根挖出,鲜重用电子天平称取,并测量植株高度。先用自来水冲洗,后用去离子水冲洗。将植物样品在 105 ℃ 鼓风干燥箱中杀青 5 min 后,于 75 ℃ 烘干至恒重,用电子天平称取;烘干的植物样品用于镁含量分析。

随机采集土样,将取出的每个土样去掉结皮块和植物残渣、根系,在室温(25 ℃)下自然风干 7 d,研磨后过 16 目尼龙筛,用于土壤 pH、全盐量等理化性质的测定;另外,采用四分法取出一部分风干土,研磨,使其全部过 100 目尼龙筛,用于土壤全镁、有机质等含量的测定。重复 3 次,取平均值。

1.3 测定方法

1.3.1 植物镁含量的测定。取 0.5 g 植物样品,经混合酸(HNO₃/HClO₄, 8:2, V/V)消解后,定容于 50 ml 容量瓶,用火焰原子吸收分光光度计(Varian, AA240)测定根、茎、叶以及全镁含量。

1.3.2 土壤理化性质的测定。土壤理化性质的测定参照土壤农化分析^[15]。有机质含量的测定采用重铬酸钾法;pH 的测定采用电位法,用无 CO₂ 水浸提,pHs-3C 型精密 pH 剂测定;全盐含量的测定采用电导法;速效磷含量的测定采用碳

酸氢钠法;水溶镁含量的测定方法为:经水土比 5:1 浸提后的土壤浸提液,用火焰原子吸收分光光度计(Varian, AA240)测定镁含量;土壤全镁含量测定方法为:取 1 g 土壤样品,经混合酸(HF/HNO₃/HClO₄, 8:4:4, V/V/V)消解后,定容于 50 ml 容量瓶,用火焰原子吸收分光光度计(Varian, AA240)测定全镁含量。

1.4 数据处理 数据结果采用 SPSS18.0 和 Microsoft Excel 2007 进行统计分析,利用一元方差分析(one-way ANOVA)对试验结果进行分析,同时根据需要采用 Duncan 多重比较法或 Paired-Samples T 检验法比较差异显著性,所有检验的显著性水平如无特殊说明,均为 P=0.05。试验所得数据以平均值±标准差表示,增加量表示处理前后植物株高的差值,生物量以植物地上部分干重计,镁含量以整株植物干重计。

2 结果与分析

2.1 构树对镁粉尘污染土壤的适应性研究

2.1.1 矿粉施加量对构树生长特征的影响。随着镁污染的加重,构树的生长状况变化显著。由图 1 可知,与对照组相比,培养 60 d 后,构树的单株生物量以及株高增加量均有较明显的变化。随着矿粉施加量的变化,植物的单株生物量与株高增加量均呈现出先增加后降低的趋势。污染浓度为 5%、10% 时生长状况比对照组(未污染)有明显提高,10% 处达到最高,单株生物量为 4.12 g,株高增加量为 11.63 cm。随着污染浓度的继续增加,构树的生长状况逐渐变差,处理 G₅ 的生物量(1.84 g)以及增加量(1.9 cm)较对照组有明显下降。这表明镁粉尘施加量小于 10% 时促进构树生长,但当镁粉尘污染加剧后,构树的生长将受到抑制。这可能与土壤镁含量过高导致土壤镁含量增大有一定的关系,其具体原因有待进一步的研究。

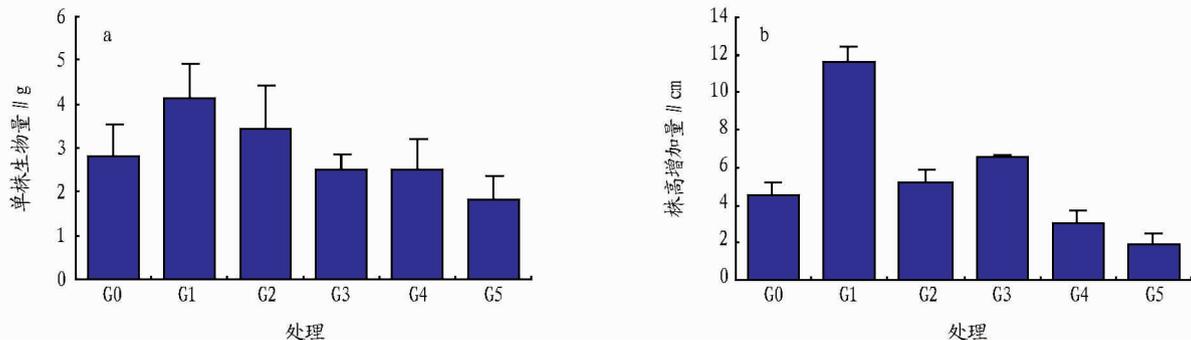


图 1 镁粉尘污染对构树生长特征的影响

2.1.2 矿粉施加量对构树镁富集特征的影响。由图 2 可知,随着矿粉施加量的增加,植物中的镁含量逐渐增加。植物根中镁含量从 0.32 g/kg 增加到 0.69 g/kg,茎中镁含量从 0.57 g/kg 增加到 0.97 g/kg,叶中镁含量从 1.56 g/kg 增加到 5.26 g/kg。植物根茎中镁含量明显低于叶片镁含量。植物全镁含量均高于对照组,最高达到 1.32 g/kg,较对照组(0.55 g/kg)有明显的增加。由此可知,构树对镁具有一定的耐受能力。

2.1.3 矿粉施加量对构树生长土壤性质的影响。由表 1 可知,被镁粉尘污染后的土壤理化性质变化较大。与对照组相

比,随着投加镁粉尘的增加,土壤 pH 明显升高,从 6.78 升高到 9.48;电导率变化显著,增大到 651.77 μS/cm 后降低至 375.73 μS/cm;速效磷含量较对照组均有所降低,最低降至 16.9 mg/kg,降低幅度较大;土壤中的镁含量逐渐增大,全镁含量由 1.403 g/kg 升高至 9.015 g/kg,水溶镁从 47.81 mg/kg 升高至 121.26 mg/kg。这些与其他学者的研究结果^[16-17]相符,但辽宁海城菱镁矿污染区尾矿地土壤 pH 达到 10.3^[1],高于该研究成果。其原因可能为:该研究所采用的是盆栽试验,供试土壤为采自生态站的洁净土,且研究周期较短,随着周期的延长,土壤的 pH 发生改变。土壤有机质含量先降低

后升高,最高达到 3.48%,处理 G₃、G₄、G₅ 尽管有所下降(2.94%、2.92%、2.8%),但是其降低程度并不明显,差异也并不显著。这与方英等^[18] 研究结果一致,但与李军等^[19] 研究发现的施加镁粉尘的土壤有机质有所降低的观点并不相同,其具体原因有待进一步研究。

2.2 构树对不同土质的适应性特征 由图 3 可知,在矿石与土壤混合的土壤中,构树依旧可以生长。随着土壤中所含矿石量的增加,植物的含镁量由 1.16 g/kg 增加至 6.19 g/kg。当矿石与土壤混合比例为 15%、25%、50% 时,构树株高增加量(7.23 cm、12.7 cm、9.01 cm)明显高于对照组(4.53 cm),生物量(4.43 g、6.12 g、4.07 g)较对照组(2.81 g)也有所增加,生长状况良好。即便在全部由矿石组成的土质(处理 W6)中,构树依然可以生长,但长势明显差于对照组。综

上所述,构树对生长环境的要求不高,对镁具有一定的耐受能力,对修复菱镁矿区镁污染土壤具有一定的潜力。

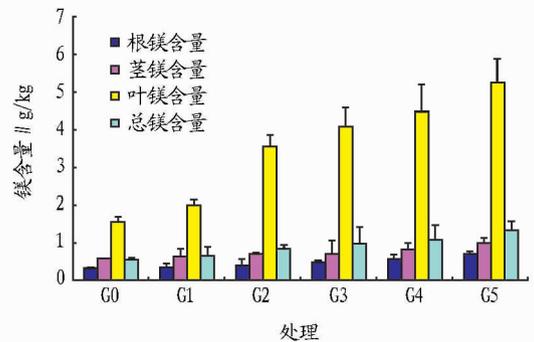


图 2 构树各组织的镁含量

表 1 菱镁矿粉尘对土壤理化性质的影响

处理	pH	电导率 μS/cm	有机质 %	速效磷 mg/kg	全镁 g/kg	水溶镁 mg/kg
G ₀	6.78 ± 0.11 a	240.97 ± 17.15 a	2.03 ± 0.02 d	52.07 ± 1.15 e	1.40 ± 0.03 a	47.81 ± 0.96 a
G ₁	8.52 ± 0.03 b	458.37 ± 16.96 c	1.87 ± 0.02 d	37.76 ± 0.88 c	2.91 ± 0.34 b	83.16 ± 4.45 b
G ₂	8.67 ± 0.06 b	651.77 ± 63.89 d	3.48 ± 0.08 a	42.66 ± 3.04 d	4.17 ± 0.15 c	94.32 ± 3.55 bc
G ₃	9.08 ± 0.08 bc	492.03 ± 29.51 c	2.94 ± 0.04 c	34.76 ± 1.35 c	5.99 ± 0.37 d	99.99 ± 3.88 bc
G ₄	9.37 ± 0.03 cd	464.97 ± 22.8 c	2.92 ± 0.07 bc	22.43 ± 1.14 b	8.09 ± 0.79 e	109.65 ± 10.78 c
G ₅	9.48 ± 0.06 d	375.73 ± 20.83 b	2.80 ± 0.17 b	16.97 ± 1.21 a	9.02 ± 0.40 e	121.26 ± 5.34 d

注: 同列不同字母表示处理间差异显著 ($P < 0.05$)。

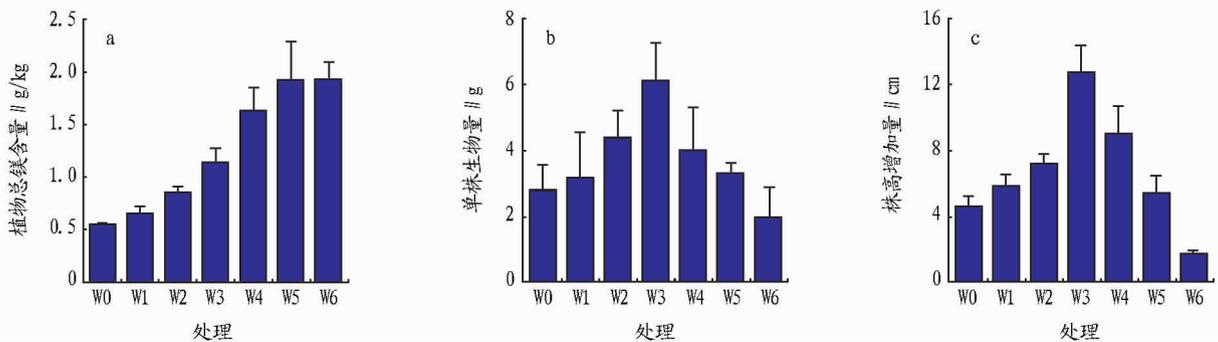


图 3 不同土质对构树生长特征的影响

表 2 构树生物学特征与污染浓度的相关性分析

生物学特征	相关方程	R ²
构树镁含量(总)	$y = 0.551 + 1.361x + 15.503x^2 - 38.261x^3$	0.998
单株生物量	$y = 4.327 + 93.714x - 749.59x^2 + 1436.232x^3$	0.902
增长量	$y = 2.035 + 166.903x - 1504.178x^2 + 3046.957x^3$	0.913
土壤全镁	$y = 1.503 + 13.999x + 193.901x^2 - 522.319x^3$	0.995
土壤水溶镁	$y = 49.151 + 781.072x - 3806.778x^2 + 6697.391x^3$	0.989

2.3 构树生物学特征与污染浓度的相关性 由表 2 可知,构树的各项指标及土壤镁含量与镁粉尘污染浓度具有一定的三次函数相关关系。随着镁污染浓度的增加,构树的生物量、增长量、镁含量以及土壤镁含量均发生变化。土壤、构树的含镁量随着镁粉尘污染浓度的增加表现出逐渐升高的趋势,而构树的单株生物量、增长量随镁粉尘污染浓度的增加

呈现出先增加后减小的趋势。由于试验中最大镁粉尘施加量为 30%,没有设置更高浓度的处理,所得相关方程在超过 30% 污染浓度下的准确性有待进一步研究。

3 结论与讨论

镁是植物生长的必需元素,而土壤对植物而言是一个巨大的水分、养分库,植物所需的镁主要来自土壤,植物对镁的吸收利用在很大程度上依赖于土壤中镁的数量、供应机制^[19]。在菱镁矿区,土壤长期处于镁粉尘污染之中,表层形成结皮,使得土壤中镁含量急剧增加,改变土壤理化性质,影响土壤酶活性和微生物活性^[5-6,17,20]。镁不仅会对土壤理化性质造成影响,而且会对植物的生长发育造成影响。刘绮等^[21] 研究表明,过量镁会影响植物对其他离子的吸收,使得植物生长受阻,品质下降,产量降低;Kobayashi 等^[22] 发现,当水溶液中 Mg 浓度为 30 mmol/L 时,水稻和稗属植物生长量分别比对照组降低 54% ~ 67% 和 33% ~ 42%;李亚洲等^[23]

化,它必然会在历史长河中对社会文化作出阶段性的反映。

为了以一种相反于丹麦政治社会冲突和矛盾的“和谐之道”介入丹麦社会文化中,B. I. G 在丹麦建筑中心首次作品展上提出了“yes is more”的宣言。“是即是多”是当今社会对现代主义宣言“少即是多”的重新阐释和发展,是从多元利益和各类标准中催生出来的一种设计理论,应对当下社会文化多元化的要求,从繁复的规则到高度专业化的社会知识中创造出最具艺术价值的切实解决方案,创造了一种兼容而非排斥的建筑,一种不再被单调概念、单一想法禁锢的建筑,从而引发了当代全球的风靡。“是即是多”是一个简洁通俗的建筑宣言,揭示了21世纪最有效的思维方式,也成为了人们解决许多复杂国际问题的方法和思路。在B. I. G看来,“少”只有在包容更广的因素时才能体现出“多”——这是一种能够在较少成本(少)下充分包容各种建筑因素(多)的能力。否

(上接第5065页)

研究表明,当土壤可溶态镁含量达到800 mg/kg时,大豆的株高、根长、叶绿素含量开始下降;当土壤可溶态镁含量达到1 800 mg/kg时,植株全部死亡。

研究表明,构树对镁具有较高的耐受能力。在镁含量4.17 g/kg的土壤上培养60 d,构树单株生物量为3.46 g,比对照组的生物量2.81 g有所增加;构树对生长环境的要求较小。当矿石与土壤混合比例达到25%时,生物量为6.12 g,株高增加量为12.7 cm,较对照组有明显的增加;当混合比例为50%时,构树生长特征较对照组有一定的增加,生长状况良好;被镁粉尘污染后的土壤理化性质变化很大。与未施加镁粉尘的土壤相比,施加镁粉尘的土壤pH显著升高,速效磷含量明显减小,土壤镁含量明显增加。随着镁污染浓度的增加,土壤电导率与有机质含量均呈现先增大后降低的趋势。

在菱镁矿资源开发集中的地区开展土壤镁污染的修复以及土地复垦,对于提高矿区环境质量、恢复矿区生态健康有着重要的意义。构树不仅可以在较高浓度镁污染土壤中正常发育,而且具有较好的水土保持、阻止土地沙化的功能和较强的净化环境的能力,能够大量吸滞粉尘,对二氧化硫、氮氧化物等有毒气体有较强的吸收能力^[24-25]。构树将在恢复菱镁矿区的生态健康以及植被重建中发挥重要的作用。

参考文献

- [1] 杨丹,曾德慧. 含镁粉尘对菱镁矿区土壤性质的影响[J]. 土壤通报, 2010,41(5):1216-1221.
- [2] 郭芳. 镁砂窑烟尘污染治理调查研究[J]. 环境工程,1997,15(1):34-37.
- [3] 吕宗冠. 海城市镁砂窑污染现状及防治对策[J]. 辽宁城乡环境科技, 2007,27(3):29-30.
- [4] JOSHI A. Impact of magnesite industry on some environmental factors of Chandak area of Pithoragarh district in central Himalaya [J]. Journal of Environmental Biology,1997,18(3):213-218.
- [5] RAMAN N,NAGARAJAN N,GOPINATHAN S. Mycorrhizal status of plant

则,在设计中对极少主义的简单复古,将是一种只能产生怪异建筑的愚蠢行为^[5]。

因此,建筑创作要想出现创新点,就要求每一个建筑师对社会环境有深层次的了解。只有把握了整个时代的脉搏,建筑创作才能体现新时代的精神;建筑作品才能更好地反映生活本质,才能成为一面文化旗帜。

参考文献

- [1] 罗小未. 外国近现代建筑史[M]. 北京:中国建筑工业出版社,2005.
- [2] 薛菊. 探讨密斯·凡·德·罗的经典作品[J]. 规划设计,2007(3):47-48.
- [3] 陈治国,梁雪. 当代西方建筑设计中的极少主义表现[J]. 新建筑,2001(4):59.
- [4] 李卫.《建筑的复杂性与矛盾性》思想评析[J]. 华中建筑,2006(5):10-11.
- [5] 李龙生. 设计——现代主义之后[M]. 北京:人民美术出版社,1995.
- [6] species colonizing a magnesite mine spoil in India [J]. Biology and Fertility of Soils,1993,16(1):76-78.
- [6] MACHIN J, NAVAS A. Soil pH changes induced by contamination by magnesium oxides dust [J]. Land Degradation & Development,2000,11(1):37-50.
- [7] KAUTZ G,ZIMMER M,ZACH P. Suppression of soil microorganisms by emissions of a magnesite plant in the Slovak Republic [J]. Water, Air, and Soil Pollution,2001,125:121-13.
- [8] 张秀实,吴征镒,曹子余. 中国植物志. 第23卷,第1分册[M]. 北京:科技出版社,1998:231.
- [9] 郑汉臣,黄宝康,秦路平,等. 构树属植物的分布和生物学特征[J]. 中国野生植物资源,2002,21(6):11-13.
- [10] 李华西. 构树及其开发利用[J]. 河北林业,2007(1):36-37.
- [11] 聂勋载. 一种新型的速生丰产的优质造纸原料——构树[J]. 西南造纸,2003,32(4):51-52.
- [12] 李党法. 构树的培育与开发利用[J]. 中国林副特产,2007(1):49,76.
- [13] 杨小建,王玉锡,胡庭兴. 中国构树资源的综合利用[J]. 四川林业科技,2007,28(1):39-43.
- [14] 李维均. 优良乡土树种——构树[J]. 农家顾问,2006(12):34.
- [15] 中国科学院南京土壤研究所. 土壤理化分析[M]. 上海:上海科学技术出版社,1978.
- [16] 付莎莎. 菱镁矿区土壤镁污染现状及机理研究进展[D]. 沈阳:中国科学院沈阳应用生态研究所,2009.
- [17] YANG D,ZENG D H,ZHANG J,et al. Chemical and microbial properties in contaminated soils around a magnesite mine in Northeast China [J]. Land Degradation & Development,2012,23:256-262.
- [18] 方英,赵琼,台培东,等. 芒颖大麦草对菱镁矿粉尘污染的生态适应性[J]. 应用生态学报,2012,23(12):3474-3478.
- [19] 王芳,刘鹏,徐根娣. 土壤中的镁及其有效性研究概述[J]. 河南农业科学,2004(1):33-36.
- [20] 李军,赵斌. 土壤质量中的环境问题[M]. 沈阳:东北大学出版社,1998:115-118.
- [21] 刘绮,宁晓宇,赵昕. 辽宁东部山区土壤污染状况与防治对策研究[J]. 应用生态学报,1998,9(1):101-106.
- [22] KOBAYASHI F, ASADA C, NAKAMURA Y. Phytoremediation of soil contaminated with heavy metals and recovery of valuable metals [J]. Kagaku Ronbunshu,2005:476-480.
- [23] 李亚洲,李洪. 土壤中过量镁对大豆几项生理指标的影响[J]. 农业环境保护,1990,9(2):41-42.
- [24] 周俊启,武文达,王淑霞,等. 城乡绿化新树种. 构树[J]. 天津农林科技,2005(4):18-19.
- [25] 孙建昌,胡彬,方小平. 构树综合开发利用[J]. 贵州林业科技,2006,34(4):61-64.