

重金属污染土壤的植物修复对“环保育种”的呼唤

吴大付¹, 朱东海², 吴海卿², 张莉¹, 任秀娟¹

(1. 河南科技学院 资源与环境学院, 河南 新乡 453003; 2. 中国农业科学院 农田灌溉研究所, 河南 新乡 453003)

摘要:因人类活动诸如采矿、冶炼、电镀、电源和燃料生产、垃圾堆积过程和农业集约化中化肥、农药、除草剂等大量和超量使用等排入到环境中, 导致重金属污染土壤, 带来了严重的后果。而植物对重金属的抗性、避性和富集性及超富集性, 使得污染土壤的植物修复和利用成为可能。由于自然的超富集植物具有地域性、植物种类的差异性, 且忍耐重金属浓度的有限性, 因此, 超富集植物具有修复时间长的特点。现针对重金属污染土壤的修复和利用提出了“环保育种”的概念, 以及开展“环保育种”的基础和广阔的应用前景。为加快修复和利用被重金属污染的土壤, “环保育种”迫在眉睫。

关键词:重金属; 污染土壤; “环保育种”; 植物修复

中图分类号:X 53 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2013)10-0190-05

全世界每年排放汞约 1.5 万 t、铜约 340 万 t、铅约 500 万 t、锰约 1 500 万 t、镍约 100 万 t^[1], 土壤重金属污染在世界范围内广泛存在且每况愈下。同时, 在 20 世纪发生的 8 大公害事件中, 3 件与重金属污染有关。随着我国工业化进程的加快, 化肥农药用量猛增, 污水灌溉面积的加大, 致使我国受重金属污染的土地面积日益扩大。目前我国重金属污染的耕地面积近 1 000 万 hm², 其中近 20% 的耕地受到严重污染。全国粮食每年因此减产 1 000 多万 t, 重度年份达 1 200 万 t。农业部环保监测系统曾对全国 24 省、市 320 个严重污染区 548.2 万 hm² 土壤调查发现, 大田类农产品超标面积占污染区农田面积的 20%, 其中重金属超标占污染土壤和农作物的 80%。2000 年有关部门对 10 个省会城市城郊农产品质量调查发现, 有 7 个城市重金属超标率达监测总量的 30% 以上^[2]。中国科学院地理所的调查表明, 北京市生产的蔬菜中有 30% 的重金属含量超标^[3]。此外, 我国有不少被重金属污染的土地难以利用, 在我国重金属污染的土壤中, Cd 污染耕地 1.3 万 hm², 涉及 11 省市的 25 个地区; Hg 污染 3.2 万 hm², 涉及 15 个省市的 21 个地区。其中大部分地区生产的稻米中含 Hg 量超过国家食品卫生标准(0.2 mg/kg), 粮食含 Pb 量大于 1.0 mg/kg 的产地有 11 个, 有 6 个地区生产的粮食

含 As 量超过 0.7 mg/kg^[4]。修复及合理利用被重金属污染的土地是我国面临的一大难题。

1 污染土壤的植物修复

目前治理重金属污染土壤的途径主要有 2 种, 1 种是改变重金属在土壤中的存在形态, 使其固定下来, 以此来降低其在环境中的迁移性和生物可利用性; 另 1 种是通过各种方式将土壤中的重金属去除。因重金属在环境中具有相对稳定性和难降解性, 很难将它们从土壤中除去。传统的污染土壤修复与治理技术主要包括排土法、客土法; 向土壤中添加黏合剂、土壤改良剂去除土壤重金属; 施加有机质、有机肥和石灰改良法, 增加土壤对重金属的吸附能力, 从而可减少植物的吸收。但是这些方法都具有一定的局限性, 如破坏土壤自然属性、产生二次污染、处理费用高等^[5]。同时, 我国的土壤污染治理技术尚不成熟, 效果不太理想。植物修复技术在这种形势下应运而生。利用植物对环境修复是一种既经济又便于现场操作的除去环境重金属污染的技术, 能在多种污染环境中有效地去除土壤中的重金属, 且费用较低, 适合发展中国家采用。

植物对环境中重金属的吸收和富集与超富集, 使得植物修复成为可能, 特别是超富集植物的发现, 加速了该技术的应用。根据其作用过程和机理, 植物修复技术可分为植物稳定、植物提取、植物挥发和根系过滤 4 种类型^[6]。植物稳定主要是利用耐重金属植物或超累积植物降低重金属的活性, 从而减少重金属被淋洗到地下水或通过空气扩散进一步污染环境的可能性; 植物提取是利用重金属超累积植物从土壤中吸取金属污染物, 随后收割地上部并进行集中处理, 连续种植该植物, 降低

第一作者简介:吴大付(1965-), 男, 博士, 教授, 现主要从事农业环境保护与发展等方面的教学与科研工作。E-mail: uau527@yahoo.com.cn.

基金项目:国家“863”计划资助项目(2012AA101404)。

收稿日期:2013-01-19

或去除土壤中的重金属污染,该法主要在美国应用^[7];植物挥发是利用植物根系吸收金属,将其转化为气态物质挥发到大气中,以降低土壤污染;根系过滤主要是利用植物根系过滤沉淀水体中重金属的过程,主要是利用水生植物的吸附能力,减轻重金属对水体的污染。

目前,已报道的重金属超富集植物有 450 多种,主要集中在十字花科,且以超量积累 Ni 的植物最多;超富集植物主要分布在欧洲、美国、新西兰和澳大利亚等国^[8-9]。超富集植物大规模地应用还存在几个缺陷。一是超富集植物具有地域性,只生长在某些特定的地区;二是超富集植物种类方面差异,只集中在植物界有限的植物品种,相对比较集中,如 Cu 的超富集植物隶属于 15 科 37 种,Co 的超富集植物隶属于 12 科 29 种,Zn 的超富集植物 20 多种分布在十字花科(Brassicaceae)、石竹科(Caryophyllaceae)、唇形科(Lamiaceae)和堇菜科(Violaceae)等 7 个科^[10]。同时还具有耐重金属、耐贫瘠、耐干旱等特点,是在重金属胁迫条件下的一种适应性突变体,往往生长缓慢,生物量低,环境适应性差,具有很强的富集专一性;三是把土壤中的重金属吸收出来需要较长的时间,而且忍耐重金属的浓度还有限^[11]。为了加速对重金属污染土壤的植物修复,就必须筛选、培育吸收能力强,同时能吸收多种重金属元素,且生物量大的植物新品种,“环保育种”应运而生,成为我国育种工作的新方向。

2 “环保育种”的内涵与基础及应用前景

2.1 “环保育种”的内涵

利用传统和现代育种技术,培育出能够富集或超富集甚至不吸收土壤环境中重金属的植物新品种,然后利用这些植物新品种种植在被重金属污染的土壤,达到修复或利用这些土壤的目的。涉及到的农作物种类有粮食、经济、蔬菜、果树或其它树木等。环保育种有 2 个目标:一是选育富集或超富集植物品种;二是选育对重金属避性的植物品种。采取 2 种手段:一是传统育种技术;二是生物技术特别是基因工程的利用。

富集和超富集植物理想的植株具有如下特性:有超强重金属的忍耐性;植物生长快,且有高效积累和高生物学产量;高转运系数,重金属主要积累在植物地上部分;植株便于收获。

2.2 “环保育种”的基础

2.2.1 植物种质资源比较丰富 植物对土壤中重金属的吸收机理非常复杂,不仅与土壤中重金属的含量(或背景值大小)有关,还与植物品种、土壤类型、土壤理化性质、土壤有机质含量、土壤含水量以及农艺措施等因素都有很大的关系^[12-19]。根据植物对重金属的吸收和忍耐关系可分为抗性植物、避性植物和富集或超富集植物。目前世界上发现的那些富集或超富集植物中的大

多数都具有耐性和超富集性^[20]。在生产实际中,也存在不同作物之间和同一作物不同品种之间对重金属的吸收也存在着差异。根据李永华等^[18]研究,在铅锌矿区栽培的水稻、玉米、大豆等作物中铅含量分别为 1.23 mg/kg、1.02 mg/kg 和 2.51 mg/kg,大豆对铅的吸收量是玉米的 2.5 倍,同时玉米对多种重金属如铅、锌、铜和镉都具有较高的富集作用。季书勤等^[16]对河南省 2003 年和 2004 年主要推广小麦品种子粒中 As、Pb、Cu、Cd、Hg 和 Cr 含量的测定,品种之间有一定的差异。作物品种之间对重金属的吸收可能与植物的进化和变异结果有关,因为某些植物对某一种或几种重金属产生了耐性的变异种,并能在具有非正常金属含量的土壤上生长,经过长时间的演变,植物对重金属毒性表现出越来越强的耐性,因此在农产品中重金属含量并未超标,而这些植物大多是在自然条件下演变产生的,因此对温度、湿度等条件的要求比较严格,物种分布呈区域性和地域性,正因为物种对环境的严格要求使的在同一区域的不同地块中对重金属的吸收和富集会明显差异。同一重金属在不同作物或同一作物品种间积累特性不同。因作物生长特性、生长周期等的不同,同一有害元素在不同作物品种中的含量有较大差异^[21]。这些都与作物的富集系数和转运系数有关。粮食类作物吸收重金属的状况与品种有较大关系,生长期需水量较大的农作物的吸收能力较早地作物小麦、玉米强,在高背景值区域水稻中有害元素含量容易出现不同程度的超标,但高背景值区域小麦、玉米中有害元素含量不容易出现超标现象,这些都与其生理习性、生长环境和水肥条件有密切关系。雷梅等^[14]把植物对重金属的吸收机制分为富集型、根部囤积型和规避型 3 类。富集型植物能够从土壤中主动吸收并富集金属元素,同时将大量重金属转移到地上。根部囤积型植物对土壤中的重金属具有被动吸收的特征,能将重金属吸收至体内,但金属元素大量囤积于根部,只有少量向地上部运移,减少对光合、呼吸、生殖系统的伤害。规避型植物则能抵制植物根系对重金属的吸收,并常常将土壤重金属沉淀在根系表面,而植物体内只吸收很少量的重金属。因此,不同品种的玉米、小麦、大麦、大豆、花生、向日葵等作物对重金属吸收存在显著差异^[20]。这些都为育种提供了丰富的种质资源。有关避性品种例子是在日本水产省生物资源所贮藏的种子中保存有一种名叫“矿毒不知”的大麦品种^[17],该品种生长在群馬县渡良瀬川流域的铜污染严重地区,在其它麦类均不能生长的情况下,这种大麦仍能够正常生长。

2.2.2 传统育种技术和现代生物技术提供了强有力的技术保证 可以利用传统作物育种技术实现远缘杂交,尽管目前还没有成功的报道,但在作物品种育种方

面有成功的范例。随着分子生物技术的迅猛发展,将筛选、培育出的超累积植物和微生物基因,导入生物量大、生长速度快、适应性强的植物中已成为现实。因此,利用分子生物技术提高植物修复的实用性方面将取得突破性进展。目前已有克隆或成功转入其它目标植物并得已表达的报道^[20]。应用转基因工程技术,将自然界中超累积植物的耐重金属、超累积基因移植到生物量大、生长速率快的植物中去,以克服天然超累积植物的缺点,提高植物修复效率使其实用化。近年来,在 Se、Hg、Cd、Zn 等重金属元素转基因植物研究方面已初获成果^[11]。

2.3 “环保育种”的应用前景

2.3.1 重金属污染土壤的修复 现在利用超富集植物修复被重金属污染的土壤,是当前世界上兴起的一种有潜力的、低成本的以太阳能为能源的绿色修复技术。将野生的或经改造的重金属超富集植物种植于污染土壤上,通过物理、化学或者生物的过程来消除、减少、隔离或者固化重金属污染物,从而降低土壤中重金属含量,达到治理的目的。市场前景比较广阔,有资料表明,美国植物修复市场,2005 年比 1998 年增加 1 倍,达到了 214 亿多美元^[22]。目前,虽然超富集植物发现了一定的数量,但因超富集植物一般只生长在矿山区、成矿作用带或由富含某种或某些化学元素的岩石风化而成的地表土壤上,生物学产量低,在修复重金属污染的土壤效果不理想。Baker 等^[23]在英国洛桑试验站首次以田间试验研究了在 Zn 污染土壤(440 mg/kg)栽种不同超富集植物和非超富集植物对土壤 Zn 的吸收清除效果。结果表明,超富集植物 *T. caerulea* (遏蓝菜属)富集 Zn 是非超富集植物 *Raphanus sativus* (萝卜)的 150 倍,富集 Cd 相应则是 10 倍。其每年从土壤中吸收的 Zn 量为 30 kg/hm²,是欧盟允许年输入量的 2 倍,而非超富集植物萝卜则仅能清除其 1% 的量。同时 Baker 还发现,尽管 *T. caerulea* 吸收重金属能力很强,但因其生物量小,需 13~14 代的连续栽种才能将试验地的重金属含量修复到欧共体规定的临界标准(300 mg/kg)。而 *Brassica juncea* (印度芥菜)对重金属的富集能力虽不如 *T. caerulea* (遏蓝菜属),但其生物量至少是它的 20 倍,因而显示 *B. juncea* 在植物修复上具有更大的潜力。Robinson 等^[24]在法国南部利用盆栽和田间试验结合进一步研究了 *T. caerulea* (遏蓝菜属)修复污染土地的能力,通过施肥,*T. caerulea* (遏蓝菜属)的生物量增加了 2 倍,而其地上部 Zn、Cd 含量没有下降,但修复 < 500 mg/kg Zn 污染土地仍需 8.13 a^[25]。因此,继续寻找开发生物量大、富集重金属能力强的超富集植物是植物修复技术走向工程应用的首要任务。

2.3.2 丰富和发展了作物育种学和栽培学的内容 丰

富和拓展了传统育种学的内容:在育种方面,因植物种类的不同、品种之间的差异以及器官的不同导致对重金属的吸收积累能力不同,开辟了超富集植物或避性植物育种,不但丰富了作物育种学的内容,还扩大了作物育种学的范畴,使得传统育种学理论和实践与污染环境的植物修复结合起来,形成了独具特色的环保育种,填补了重金属污染环境的植物修复方面的空白。超富集植物的栽培也不断拓宽作物栽培的范围和内容,孕育出重金属污染栽培学。“环保育种”也为我国优良品种的推广区域提出了指导性的意见。新品种培育出来的同时,也对该品种的重金属吸收方面做一些测定,根据测定结果判断该品种属于哪一类,是超富集或富集、抗性或避性品种,然后根据推广地区土壤中重金属含量和种植目的,提出适宜推广区域,这样就可以利用那些污染土壤,生产出安全的农产品,不断满足人民日益提高生活水平的需求。丰富了传统作物栽培学内容,拓宽了栽培模式:一是增加了超富集植物的驯化与栽培内容,在作物栽培方面,不仅有大田作物栽培,还有超富集植物的驯化与栽培。因野外发现的超富集植物生物量少,修复重金属污染的土壤需要时间较长。因此,有必要把这些超富集植物驯化为栽培种,逐步适应高水、高肥、高密度等栽培条件,提高生物学产量,增加对重金属的吸收量,加快对污染土壤的修复。二是研究超富集植物适宜的栽培条件,施肥可以影响超富集植物对重金属的积累。适量施用氮肥可显著地提高植物的生物学产量,而不会降低植物体内的重金属含量,从而可以提高植物从环境中吸收和积累重金属量。Robinson^[24]研究表明,施用氮肥可以增加超富集植物 *Alyssum bertolonii* 的生物量提高 2 倍,而不会降低其地上部镍含量。Kulli 等^[26]研究表明,施入尿素可使苜蓿、黑麦草对铜、镉和锌的累积量比对照显著升高。但氮肥施用量过高会对植物的重金属富集产生“稀释作用”,有可能使累积量降低^[27]。施用磷肥对超富集植物也有一定的影响。廖晓勇等^[28]田间试验也表明,适量施用磷肥明显促进蜈蚣草的生长,提高其砷含量,增大砷累积量,而过量施磷不仅不会进一步提高蜈蚣草产量,反而有降低砷含量和砷累积量的趋势,氮肥形态不同,也会影响玉米对重金属的吸收^[29-30]。三是丰富了我国作物栽培模式,利用我国间作套种的精耕细作栽培技术,用超富集植物与大田农作物间作套种,充分挖掘超富集重金属的能力,加快修复重金属污染的土壤步伐,也丰富了间作套种的内容。如马唐与玉米间作系统促进了玉米根部对 Cd 的吸收,而玉米子粒中 Cd 含量反而下降^[27]。玉米与东南景天套种对东南景天吸收重金属有促进作用^[31]。

2.3.3 利用超富集植物对某种或几种重金属的富集作用,开发矿产资源 利用超富集植物对重金属超富集的

特性,可以用来寻找矿产资源,开发金属矿。首先种植某些超富集植物,然后测定植物中重金属含量,结合土壤中重金属含量的测试分析,就可以判定重金属的含量。

3 展望

广义上的植物修复是指利用植物(包括草、灌、乔)去除污染土壤和废水中重金属的技术,美国、加拿大和欧盟的植物修复公司已开始盈利,我国还处于起步阶段,大多还处于室内和田间试验阶段,在实际应用中最好利用土著种进行研究和筛选富集和重金属超富集植物,以避免外来物种带来的入侵导致对土著种的影响和对生态环境带来的破坏。因我国矿产资源丰富且分布广,我国也已发现数种超富集植物,加上我国 1949 年以来,育出作物新品种 5 000 多个,为环保育种提供了丰富的种质资源。因此环保育种要从种质资源的发掘做起,建立基因库,驯化和培育能够在大田栽培的超富集植物,推进育种的进程,才能缩短环保育种从理论迈向实际应用的路程。

按照 Alkorta 等^[5]研究结果,利用生物修复 1 t 土需要 5~170 美元,以当前汇率计算(1:10),相当于人民币 50~1 700 元,耕地的表土(0~20 cm)150 t/hm²计,全国被重金属污染的耕地是 1 000 万 hm²,市场价值为 750~25 500 亿元。“环保育种”势在必行。

参考文献

- [1] Brookes P C. The use of microbial parameters in monitoring soil pollution by heavy metals[J]. *Biology and Fertility of Soils*, 1995, 19: 269-279.
- [2] 周东美,郝秀珍,薛艳,等. 污染土壤的修复技术研究进展[J]. *生态环境*, 2004, 13(2): 234-242.
- [3] 陈怀满,郑春荣,涂从,等. 中国土壤重金属污染现状与防治对策[J]. *Ambio*, 1999, 28(2): 130-134.
- [4] Asha A J, Sanjeev K S, Ackmez M. Comprehensive overview of elements in bioremediation[J]. *Reviews in Environmental Science and Biotechnology*, 2010 (9): 215-288.
- [5] Alkorta I, Hernández-Allica J, Becerril J M, et al. Recent findings on the phytoremediation of soils contaminated with environmentally toxic heavy metals and metalloids such as zinc, cadmium, lead, and arsenic[J]. *Reviews in Environmental Science and Biotechnology*, 2004(3): 71-90.
- [6] 陈英旭. 土壤重金属的植物污染化学[M]. 北京: 科学出版社, 2008.
- [7] Baker A J M, Brooks R R. Terrestrial higher plants which hyperaccumulate metallic elements—a review of their distribution[J]. *Ecology and Phytochemistry*, 1989(1): 81-126.
- [8] Brooks R R, Lee J, Reeves R D. Detection of nickeliferous rocks by analysis of herbarium specimens of indicator plant [J]. *J of Geochemical Exploration*, 1977(7): 49-57.
- [9] Chaney R L, Malik M, Li Y M. Phytoremediation of soil metals—current and opinion[J]. *Biotechnology*, 1997(8): 279-284.
- [10] Broadhurst C L, Chaney R L, Angle J S, et al. Simultaneous hyperaccumulation of nickel, manganese, and calcium in *Alyssum* leaf trichomes[J]. *Environmental Science and Technology*, 2004, 38: 5797-5802.

- [11] Singh O V, Labana S L, Pandey G, et al. Phytoremediation: an overview of metallic ion decontamination from soil [J]. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 2003, 61: 405-412.
- [12] Bert V, Macnair M R, Lagurie P D E, et al. Zinc tolerance and accumulation in metallicolous populations of *Arabi dopsis halleri* (Brassicaceae)[J]. *New Phytologist*, 2000, 146: 225-233.
- [13] 韦朝阳, 陈同斌. 重金属超富集植物及植物修复技术研究进展[J]. *生态学报*, 2001, 21(7): 1196-1203.
- [14] 雷梅, 岳庆玲, 陈同斌, 等. 湖南柿竹园矿区土壤重金属含量及植物吸收特征[J]. *生态学报*, 2005, 25(5): 1146-1151.
- [15] 杨超光, 豆虎, 梁永超, 等. 硅对土壤外源镉活性和玉米吸收镉的影响[J]. *中国农业科学*, 2005, 38(1): 116-121.
- [16] 季书勤, 郭瑞, 王汉芳, 等. 河南省主要小麦品种重金属污染评价及镉吸收规律研究[J]. *麦类作物学报*, 2006, 26(6): 154-157.
- [17] 王焕校. 污染生态学(第 2 版)[M]. 北京: 高等教育出版社, 2006.
- [18] 李永华, 杨林生, 姬艳芳, 等. 铅锌矿区土壤-植物系统中植物吸收铅的研究[J]. *环境科学*, 2008, 29(1): 196-201.
- [19] 郭晓芳, 卫泽斌, 丘锦荣, 等. 玉米对重金属累积与转运的品种间差异[J]. *生态与农村环境学报*, 2010, 26(4): 367-371.
- [20] 王松良, 郑金贵. 土壤重金属污染的植物修复与金属超富集植物及其遗传工程研究[J]. *中国生态农业学报*, 2007, 15(1): 190-194.
- [21] Robinson B H, Leblanc M, Daniel P, et al. The potential of *Thlaspi caerulescens* for phytoremediation of contaminated soils [J]. *Plant and Soil*, 1998, 203: 47-56.
- [22] Evans L D. The dirt on phytoremediation[J]. *J of Soil and Water*, 2002, 57: 12-15.
- [23] Baker A J M, McGrath S P, Sidolm D. The possibility of in situ heavy metal decontamination of polluted soils using crops of metal-accumulating plants[J]. *Resource, Conservation and Recycling*, 1994, 11: 41-49.
- [24] Robinson B H, Chiarucci A, Brooks R R, et al. The nickel hyperaccumulator plant *Alyssum bertolonii* as a potential agent for phytoremediation and phytomining of nickel[J]. *Journal of Geochemical Exploration*, 1997, 59: 75-86.
- [25] Shukla P K, Sharma S, Singh K N, et al. Nature role of root exudates; efficacy in bioremediation[J]. *African Journal of Biotechnology*, 2011, 48: 9717-9724.
- [26] Kulli B, Balmer M, Krebs R. The influence of nitrilotriacetate on heavy metal uptake of lettuce and ryegrass[J]. *J Environ Qual*, 1999, 28: 6-10.
- [27] 刘海军, 陈源泉, 隋鹏, 等. 马唐与玉米间作对镉的富集效研究初探[J]. *中国农学通报*, 2009, 25(15): 206-210.
- [28] 廖晓勇, 陈同斌, 谢华, 等. 磷肥对砷污染土壤的植物修复效率的影响: 田间实例研究[J]. *环境科学学报*, 2004, 24(3): 455-462.
- [29] 楼玉兰, 章永松, 林咸永. 氮肥形态对污泥农用土壤中重金属活性及玉米对其吸收的影响[J]. *浙江大学学报(农业与生命科学版)*, 2005, 31(4): 392-398.
- [30] Jaco V, Rolf H, Nele W, et al. Phytoremediation of contaminated soils and groundwater; lessons from the field[J]. *Environ Sci Res*, 2009, 16: 765-794.
- [31] 黑亮, 吴启堂, 龙新亮, 等. 东南景天和玉米套种对 Zn 污染污泥的处理效应[J]. *环境科学*, 2007, 28(4): 852-858.

现代农业科技园规划的理论与实践探究

王鹏飞¹, 黄威¹, 王旭东²

(1. 河南农业大学 林学院, 河南 郑州 450002; 2. 河南理工大学 万方科技学院, 河南 郑州 451400)

摘 要:以新郑市观沟农业科技园为例,对现代农业科技园内涵及其规划和建设必要性和可行性进行了分析,探索了现代农业科技园的规划理论与规划实践,并结合新郑市观沟农业科技园规划的实例又进一步地归纳、分析和探讨了现代农业科技园规划的方法,以期今后农业科技园区的规划和建设提供有价值的参考。

关键词:现代农业科技园;设施农业;规划

中图分类号:F 303.3 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2013)10-0194-04

农业科技园是农业技术组装集成的基地、农业科技成果转化平台及现代农业生产体系的示范和技术推广载体^[1]。加快农业现代化发展步伐中,农业科技园这种新的组织方式的建设和推进在我国遍地开花结果^[2],经过十几年的飞跃发展,农业科技园已经上升到重要的历史地位。现已发展成为展示我国农业现代化、面向世

界、走向未来的重要窗口^[3]。特别是2011年国务院批准的《中原经济区建设指导意见》中农业现代化的明确提出,河南省农业现代化的建设进入了全新的历史时期。该文在此背景下进一步探讨了农业科技园区规划的理论 and 实践,以期为实现园区的完善发展提供借鉴。

1 现代农业科技园概述

1.1 现代农业科技园的内涵

现代农业科技园的定义论述有很多,通过前人对园区定义的整理分析,在对农业科技园认识和理解的基础上,认为现代农业科技园是指在特定的区域内以高新技术为核心、以国内外市场为导向、以高科技农业成果转化、示范、推广为手段的集高新农业技术示范、科普教

第一作者简介:王鹏飞(1964-),男,河南郑州人,博士,副教授,硕士生导师,研究方向为风景园林设计。E-mail:wpfei2009@163.com

基金项目:国家“十一五”科技支撑计划资助项目(2006BAJ10B05);河南省科技厅科技攻关资助项目(0224050019);郑州市科技领导人才基金资助项目(096STHG32108)。

收稿日期:2012-12-17

Requirement of ‘Environmental Breeding’ for Phytoremediation of Heavy Metal Contaminated Soils

WU Da-fu¹, ZHU Dong-hai², WU Hai-qing², ZHANG Li¹, REN Xiu-juan¹

(1. College of Resource and Environment, Henan Institute of Science and Technology, Xinxiang, Henan 453003; 2. Institute of Farmland Irrigation Research, China Academy of Agricultural Sciences, Xinxiang, Henan 453003)

Abstract: As a result of human activities such as mining and smelting of metalliferous ores, electroplating, energy and fuel production, and fertilizer and pesticides of intensive agriculture, the soil polluted by heavy metals, and the serious consequences are brought about. Because the plants have resistance, avoidance, bioaccumulation and hyperaccumulation to heavy metals, it is possible for using plants to remediate the contaminated soil by heavy metals and utilizing these polluted soils to produce production. However, the natural hyperaccumulators have the endemic features, and differed among plant species. At the same time, these plants have the limited level of heavy metals concentration, thereby, the phytoremediation cost long time to remediate the polluted soils by heavy metals. The concept of ‘environmental breeding’ was first put forward in the paper. Then the bases of ‘environmental breeding’ were discussed. Therefore the ‘environmental breeding’ will have the broad application prospects. In order to accelerate the phytoremediation speed, the environmental breeding will be imminent.

Key words: heavy metals; polluted soils; ‘environmental breeding’; phytoremediation