

重金属胁迫下药用植物耐受及超富集的机制

赵红芳^{1,2}, 黄宝康² (1. 福建中医学院药理学系, 福建 福州 350108 2. 第二军医大学药学院, 上海 200433)

[摘要] 重金属胁迫下药用植物的生长、发育、繁殖等各个方面均会受到影响, 同时植物长期在重金属胁迫环境下, 产生植物耐受或超富集特性。本文就重金属胁迫及超富集药用植物进行了综述, 包括重金属对药用植物生长的影响, 植物在重金属胁迫下的耐受机制, 超富集药用植物及其超富集的机制, 并对重金属耐受与超富集特性对中药安全性的影响进行讨论。

[关键词] 重金属胁迫; 药用植物; 耐受; 超富集

[中图分类号] R 282 **[文献标志码]** A **[文章编号]** 1006-0111(2010)06-0406-05

Heavy metal stress on medicinal plant and its resistance and hyperaccumulation mechanism

ZHAO Hongfang^{1,2}, HUANG Baokang² (1. Fujian University of Traditional Chinese Medicine, Fuzhou 350108 China 2. School of Pharmacy, Second Military Medical University, Shanghai 200433 China)

[Abstract] Heavy metals in soil will affect the growth, development, multiplication of plants. Meanwhile, the plants that grow under heavy metal stress can produce heavy metal tolerance and hyperaccumulation. This paper reviewed the impacts of heavy metal stress on the growth of medicinal plants and its mechanism of tolerance and hyperaccumulation. The impacts of heavy metal tolerance and hyperaccumulation on the safety of traditional Chinese medicine were also reviewed.

[Key words] heavy metal stress; medicinal plants; tolerance; hyperaccumulation

1 重金属胁迫及其对植物生长的影响

重金属是指那些密度大于 $5 \sim 6 \text{ g/cm}^3$ 的金属, 主要包括镉、铬、汞、铅、铜、锌、银等。常涉及环境污染, 易产生生物毒性。重金属对于土壤的污染不但对药用植物生长发育产生影响, 而且影响中药材的质量, 还可通过食物链传递而影响食用者的健康, 因此中药中需要控制的重金属包括银、铅、汞、锡、铜、镉、铋、砷、锑等^[1-3]。

重金属具有很高的植物毒性, 在被重金属污染区域土壤中生长的植物, 其根系吸收土壤中的重金属, 大量的重金属离子进入植物内, 干扰离子间原有的平衡, 造成正常离子吸收、运输、渗透和调节障碍, 破坏细胞膜的透性, 影响细胞的生理调节, 抑制植物光合作用和呼吸作用, 抑制水分的吸收和运输^[4]。此外, 重金属离子进入植物体内还可与核酸、蛋白质和酶等大分子结合, 使其变性或活性降低, 抑制植物碳水化合物、蛋白质、核酸等的正常代谢, 使代谢过程紊乱, 影响植物的生长、发育和繁殖等, 成为一种胁迫因素。如 Cd 通过抑制梧桐根的延长及根尖的

发生从而抑制其生长^[5]。Cu 和 Cd 对番茄和豌豆花粉萌发有强烈的抑制作用^[6]。此外, 由于长期适应进化的结果, 重金属异常区域的自然植被中往往含有大量的重金属耐性植物 (metaltolerant plant)、重金属超富集植物 (hyperaccumulator) 和指示植物 (indicator), 这些植物对重金属污染土地的植被重建和植被修复具有重要价值。

2 植物对重金属胁迫的耐受机制

植物在重金属胁迫下适应进化过程中会产生一系列的生理生化反应, 从而适应变化的环境, 形成一种抗性机制, 使植物生长在高重金属含量土壤中而不受伤害, 保护易受重金属损害部位。植物对重金属的抗性即植物能生存于某一特定的含量较高的重金属环境中而不会出现生长率下降或死亡等毒害症状。植物对重金属抗性的获得可通过两种途径, 即避性和耐性, 避性是指一些植物可通过某种外部机制保护自己, 使其不吸收环境中高含量的重金属从而免受毒害, 植物体内重金属的浓度并不高。耐性植物则指植物能通过特殊的生理机制, 在高含量的重金属环境中能正常生长, 植物体内的重金属含量也较高。对重金属的耐性主要通过金属排斥 (metal exclusion) 和金属富集 (metal accumulation) 两条途径。此外, 热激蛋白对细胞的修复作用以及与植物

[基金项目] 国家自然科学基金项目 (30870236)。

[作者简介] 赵红芳 (1984-), 女, 硕士研究生。

[通讯作者] 黄宝康, E-mail: hbkc@163.com。

共生的真菌在植物对重金属的耐性中的也起着不容忽视的作用。

2.1 金属排斥 金属排斥即植物吸收重金属后又将其排出体外,或是其在植物体内的运输受到阻碍。主要有 4 种方式:①分泌化合物降低重金属的有效性;②避免摄入,即植物对环境高浓度的重金属不吸收;③根富集重金属,即植物将吸收的重金属滞留在根部从而限制向地上部分运输;④排出体外。如原生质膜溢泌,改变根际化学性状,老叶脱落等。

2.2 金属富集 金属富集是植物耐受的另一条途径,即重金属在植物体内积累,但是以不具有生物活性的解毒形态存在。金属富集包括植物的细胞壁沉淀作用、细胞区室化作用、植物对重金属的络合作用和酶系统的保护作用等。

2.2.1 细胞壁沉淀作用 植物细胞壁是重金属离子进入的第一道屏障,重金属离子进入植物体内时,植物细胞壁残基对其有高亲和力,使一部分重金属沉淀在细胞壁上,从而阻止其进入细胞原生质使植物免受伤害。如 *Thlaspi goesingense* Halacsy. 叶中 67%~73%的 N 结合在细胞壁上^[7,8]。

2.2.2 细胞区室化作用 在组织水平上,重金属大多积累在表皮细胞、亚表皮细胞和表皮毛中;而在细胞内重金属被贮存在液泡中,使重金属在植物内呈区室化分布,减少了重金属对细胞质及细胞器中各种生理代谢活动的伤害^[9]。Vazquez 等研究表明,在 Zn 超富集植物 *Thlaspi caenulenscens* Linn 的根系和叶片中,Zn 大部分积累在表皮与亚表皮细胞的液泡中^[10]。

2.2.3 细胞内络合重金属 络合作用是指重金属离子与植物中对重金属具有高亲和力的大分子结合形成络合物,使土壤中自由重金属离子浓度降低,从而降低重金属毒性。目前在超富集植物体内发现的络合重金属的物质有草酸、苹果酸、组氨酸和谷胱甘肽等小分子物质和金属硫蛋白等大分子物质^[11]。谷胱甘肽在植物螯合肽合成酶催化下聚合成对重金属亲和力较强的植物络合素,将重金属离子络合成无毒络合物,从而减轻重金属离子对植物的毒害^[12]。金属硫蛋白(metallothionein, MTs)由于含大量巯基,对重金属有很强的亲和力,对 Cu、Pb、Zn 等多种重金属均有很强的络合作用,因此在解除重金属对植物的毒害中起着重要的作用。在对 10 种生态型拟南芥的研究中发现,其幼叶对 Cu 的敏感性和 MT2 mRNA 的表达具有明显的相关性^[13]。

2.2.4 酶系统保护作用 重金属穿过植物细胞膜时,会胁迫植物产生过多自由基而导致氧化胁迫,引起蛋白质和核酸等生物大分子变性以及膜脂过氧

化,从而对植物产生伤害。植物体内自由基的产生和清除是两个相反的过程,细胞不受其毒害就必须降低体内氧自由基的水平。植物体内的超氧化物歧化酶(SOD)、过氧化物酶(POD)和过氧化氢酶(CAT)是植物适应多种逆境胁迫的重要酶类,在清除自由基的过程中发挥着重要的作用,保护细胞免受伤害。Mathys^[14]在对耐性和非耐性植物的研究中表明,耐性植物的酶活性随重金属浓度升高而增加,而非耐性植物中酶的活性则明显降低。因而,酶系统在植物耐受重金属毒害中起着重要作用。

2.3 热激蛋白的细胞修复作用 热激蛋白(heat shock proteins HSPs)又称热休克蛋白或应激蛋白,是细胞在应激原刺激下生成的一组蛋白质。对植物而言,是指高于植物正常生长温度(8~12℃)刺激下诱导其合成的一些新蛋白^[15]。HSPs 可协助其他蛋白的装配、折叠和转运,并具有明显保护细胞免受损伤及其它类型胁迫的作用。Neumann 等^[16]发现当海石竹 *Ameria maritima* (Mill) Will 生长在富含 Cu 的土壤中时,HSP17 可在其根中表达。目前关于 HSPs 与植物耐受重金属的认识和研究还处于初步阶段,有待于进一步系统深入的研究。

2.4 外生菌根的驱避作用 植物特有的外生菌根在驱避重金属对植物的毒害中也起着重要的作用。有研究报道^[17],银盘菌 *Paxillus involutus* 的外生菌根能够蓄积 Zn 使其共生宿主欧洲赤松 *Pinus sylvestris* Linn 中的 Zn 含量减少。但由于不同植物和真菌之间的相互作用机制存在较大的差异,使得植物、真菌与重金属三者之间的关系较为复杂。较为一致的看法是真菌通过抑制重金属向宿主根部运输,并通过菌丝鞘吸收重金属,通过菌丝鞘的疏水性造成重金属进入非原生质体的通道减少,还可以通过真菌分泌液与重金属发生络合作用将重金属吸附在外部菌丝体上。

3 超富集植物的富集机制

1977 年 Brooks 等^[18]首次提出超富集植物的概念。超富集植物是指那些能够超量积累重金属的植物。超富集植物应同时具备 3 个基本特征:①植物地上部分富集的重金属达到一定得量,是普通植物在同一生长条件下的 100 倍,其临界含量分别为 Zn 为 10 000 mg/kg Cd 为 100 mg/kg Au 为 1 mg/kg Cu、Pb、Ni、Co 均为 1 000 mg/kg ②植物地上部分的重金属含量高于根部该种重金属含量;③植物的生长没有出现明显的毒害症状。

超富集植物对重金属有很强的吸收和富集能力,不仅表现在介质中重金属浓度很高时,而且在介

质中重金属浓度较低时,其地上部分的重金属浓度比普通植物高 100 倍以上。这种超富集现象主要与其活化土壤中重金属有关。

超富集植物根系发达,根毛稠密,有利于吸收土壤中的重金属。根系分泌物是植物根系释放到周围环境中的各种物质的总称,其组成包括碳水化合物、氨基酸、有机酸和酚类化合物等^[19]。通过根系向土壤中分泌释放这些物质来改变重金属的化学行为与生态行为,从而改变重金属的生物有效性及其对植物的毒性。

3.1 整合土壤中的重金属 超富集植物通过分泌金属螯合分子,如植物高铁载体,植物螯合肽等,与根际中的某些游离的重金属离子螯合形成稳定的金属螯合物复合体。Kramer 等^[20]比较了 Ni 超富集植物 *Thlaspi goesingense* Halacsy 与非富集植物 *Thlaspi arvense* Linn, 发现前者的液泡富集 Ni 的能力远高于后者,这可能与跨膜运载蛋白有关。

3.2 酸化土壤中的重金属 有机酸是根系分泌物中的主要成分,在土壤中重金属的可溶性和有效性方面起重要作用。超富集植物通过根系分泌有机酸而酸化土壤环境,使重金属溶解,从而促进植物对土壤中重金属的吸收^[21]。但有研究表明, Ni 和 Zn 的超富集植物与根酸化土壤无关^[22],因此土壤酸化与植物超富集重金属的关系有待于进一步研究。

3.3 还原土壤中的重金属 土壤中的高价重金属在根细胞质膜上的专一性金属还原酶作用下被还原,从而溶解性增加。研究表明,一些植物在缺 Fe 或 Cu 的条件下,通过根系还原 Fe³⁺ 或 Cu²⁺,从而吸收土壤中的重金属元素^[23]。

4 超富集药用植物研究进展

目前,全世界已发现的超富集植物大约有 453 种(23 种同时为两种或两种以上金属超富集植物)^[24]。其中有部分为药用植物,其分布区域较窄,还有许多未发现的超富集植物。

1583 年意大利植物学家首次发现在利托斯卡纳“黑色的岩石”上生长的一种特殊植物,命名为 *Alyssum bertolonii*(庭荠属),经测定发现该植物叶片中 Ni 的含量达 7 900 μg/g(干重),这是最早报道的超富集植物^[25]。布氏香芥 *Alyssum bertolonii* 也是 Ni 的超富集植物^[26]。目前已发现 Ni 超富集植物约 330 种。其中 *Aethionema saxatile* R. Br., *Alyssum maritimum* Linn., *Arabis paniculata* Linn., *Cochlearia amoralia* Linn. 等是 Ni 超富集植物中研究最多的^[27]。

商陆科植物商陆 *Phytolacca acinosa* Roxb. 以根

入药,又称山萝卜,具有泻下逐水,消肿散结功效。对湖南省株洲冶炼厂厂区植物的野外调查中显示,商陆对 Cd 具有明显的富集特征,符合 Cd 超富集植物的基本特征^[28]。

薛生国等^[29]通过对湖南省湘潭锰矿污染区植物和土壤进行的一系列调查中发现,商陆科植物垂序商陆 *Phytolacca americana* Linn 对 Mn 具有明显的富集特征,其中叶片内 Mn 含量最高达 19 299 mg/kg 这是我国首次发现的 Mn 超积累植物。王华等^[30]通过野外调查与营养液模拟试验相结合的方法,初次发现并证实蓼科植物水蓼 *Polygonum hydropiper* Linn. 是一种 Mn 超积累植物。

在对株洲市铅锌冶炼厂生产区的 9 种植物中重金属的富集量分析中发现,土荆芥体内 Pb 质量分数高达 3 888 mg/kg 首次报道了藜科植物土荆芥 *Chenopodium ambrosioides* Linn. 是一种 Pb 超富集植物^[31]。葛俊华等^[32]以叶片叶绿素含量、株高、植株含 Pb 量为指标对生长在铅锌尾矿区的 36 种植物进行筛选,最后选出 6 个富集 Pb 的植物品种,分别是禾本科植物香根草 *Vetiveria zizanioides* Linn., 苋科植物绿叶苋菜 *Amaranthus mangostanus* Linn., 唇形科植物裂叶荆芥 *Schizonepeta tenuifolia* (Benth) Briq., 豆科植物紫穗槐 *Amorpha fruticosa* Linn., 菊科植物羽叶鬼针草 *Bidens maximowicziana* Oett. 和苍耳 *Xanthium sibiricum* Patr.

1977 年 Rasci^[33]首先在意大利和奥地利边界 Zn 污染土壤中发现了 Zn 超积累植物天蓝遏蓝菜 *Thlaspi caerulescens* Linn.。龙新宪等^[34]对 4 种景天属植物对 Zn 的吸收和累积进行了比较,结果显示东南景天 *Sedum afredii* Hanc. 均优于其他 3 种植物,是我国首次发现的具有生物量大,生长速率快的一种新的 Zn 超富集植物。

鸭跖草科植物鸭跖草 *Commelina communis* Linn. 以全草入药,具有清热解毒、利水消肿功效,有调查研究表明^[35],在长江中下游废铜矿石堆上生长的鸭跖草对 Cu 的富集量超过了 500 mg/kg 束文圣等^[36]对湖北铜绿山古冶炼渣堆进行的植被和土壤调查也证实鸭跖草具有 Cu 的超富集特性。

5 重金属超富集对中药的影响

植物在重金属胁迫下产生的超富集特性,一方面使得超富集植物可作为植物修复技术的理想材料,通过继续寻找、筛选超富集植物,加强对超富集植物机制和原理方面的研究,并对已发现的具有生物量低、生长缓慢等缺点的超富集植物作进一步的改进,使其得到更广泛的应用,可用于污染土壤的植

物修复,通过合理处理,实现“种植物回收金属”,进行资源再利用。

另一方面,药用植物对重金属胁迫的耐受及超富集特性,不但影响植物的生长发育,还会影响中药材的品质,造成中药材重金属的超标,直接影响中药材的安全性。我们必须对具有超富集特性的药用植物进行重点关注,尤其是对来自可能受重金属污染地区的中药材,更应重点监测,防止重金属超标,保证用药的安全。

中药是我国的瑰宝,有着数千年的应用历史,受到世界上越来越多人们的认可和关注,同时其安全性问题也越来越被重视。无论是 GAP 栽培的中药材还是野生的中药材,其生长环境都可能受重金属污染,进而影响中药材品质。重金属含量超标是造成中药材质量下降的重要因素之一。20 世纪 90 年代以来发生了多次“中药重金属超标事件”,严重损害了中药的形象,给我国中药产业造成了极大的经济损失。目前,对于日益严重的重金属污染除采取有效的治理措施,更应从源头解决问题,减少重金属污染各个途径,合理选择中药材 GAP 种植基地,保证药材生产的环境质量,生产绿色中药材,提高中药市场的国际竞争力。

【参考文献】

- [1] 郭彬,李许明,陈柳燕,等.土壤重金属污染及植物修复技术研究[J].安徽农业科学,2007,35(33):10776.
- [2] 王艳杰,傅桦.近10年来土壤重金属污染植物修复研究[J].首都师范大学学报:自然科学版,2005,25(12):141.
- [3] 中国药典.一部[S].附录,2005,45.
- [4] 将行玉,赵可夫.植物重金属伤害及其抗性机理[J].应用与环境生物学,2001,7(1):92.
- [5] 田晓峰,魏虹,贾中民,等.重金属镉(Cd²⁺)对梧桐幼苗根生长及根系形态的影响[J].西南师范大学学报.自然科学版,2008,33(2):93.
- [6] 鲁先文,何俊.重金属Cu和Zn对小麦种子萌发和生物量的影响[J].安徽农业科学,2008,36(35):15346.
- [7] Kramer U, Pickering IJ, Prince RC, et al. Subcellular localization and speciation of nickel in hyperaccumulator and non-accumulator *Thlaspi* species[J]. Plant Physiol 2000, 122: 1343.
- [8] 李文学,陈同斌.超富集植物吸收富集重金属的生理和分子生物学机制[J].应用生态学报,2003,14(4):627.
- [9] Blaney FPC, Joyce DC, Edwards DG, et al. Role of triphases in sunflower tolerance to manganese toxicity[J]. Plant Soil 1983, 91: 171.
- [10] Vazquez MD, Poschenrieder C, Barceló J, et al. Compartment of zinc in roots and leaves of the zinc hyperaccumulator *Thlaspi caerulescens* & *C. Presl*[J]. Bot Acta 1994, 107: 243.
- [11] Watanabe T, Osaki M, Yoshitara T, et al. Distribution and chemical speciation of aluminum in the Al accumulator plant *Melastomamalabathricum* [J]. Plant Soil 1998, 201: 165.
- [12] 麦维军,王颖,梁承邨,等.谷胱甘肽在植物抗逆中的作用[J].广西植物,2005,25(6):570.
- [13] Murphy A, Taiz L. Comparison of metallothionein gene expression and nonprotein thiols in ten *Arabidopsis* ecotypes[J]. Plant Physiology, 1955, (109): 945.
- [14] Mathys W. The role of malate, oxalate and mustard oil glucosides in the evolution of zinc-resistance in herbage plants[J]. Physiologia Plant 1977, 40: 136.
- [15] 邵玲,陈向荣.热激蛋白与植物的抗逆性[J].北方园艺,2005, (3): 73.
- [16] Neumann D, Nieden UZ, Lichtenberger O, et al. How does *Amaranthus tricolor* tolerate high heavy metal concentrations[J]. Journal of Plant Physiology, 1995, (146): 704.
- [17] Colpaert J Van AJ. Zinc toxicity in ectomycorrhizal *Pinus sylvestris* [J]. Plant and Soil 1992, (143): 201.
- [18] Brooks RR, Lee J, Reeves RD, et al. Detection of nickeliferous rocks by analysis of herbarium specimens of indicator plants[J]. J Geochim Explor 1977, (7): 49.
- [19] 李荣峰,蔡妙珍,刘鹏,等.植物根边缘细胞的抗逆性研究进展[J].广西植物,2007,27(3):497.
- [20] Kranen U, Pickering IJ, Prince RC. Subcellular localization and speciation of Ni in hyperaccumulator and non-accumulator *Thlaspi* species [J]. Plant Physiol 2000, 122: 1343.
- [21] McGrath SP, Lombi E, Gray CW, et al. Field evaluation of Cd and Zn phytoextraction potential by the hyperaccumulators *Thlaspi caerulescens* and *Arabidopsis halleri* [J]. Environ Pollut 2006, 141: 115.
- [22] 闫研,李建平,赵志国,等.超富集植物对重金属耐受和富集机制的研究进展[J].广西植物,2008,28(4):505.
- [23] 杨肖娥,龙新究,倪吾钟.超积累植物吸收重金属的生理及分子机制[J].植物营养与肥料学报,2002,8(1):8.
- [24] 刘杰,朱义年,罗亚平,等.清除土壤重金属污染的植物修复技术[J].桂林工学院学报,2004,24(4):507.
- [25] 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.
- [26] Robi BH,胡西顺.镍超积累植物布氏香芥——一种镍的植物补救和植物潜在采矿介质[J].国外地质勘探技术,1999(1):15.
- [27] Reeves RD, Adiguzel N. Rare plants and nickel accumulators from Turkish serpentine soils with special reference to *Centaurea* species [J]. Turkish Journal of Botany 2004, 28: 147.
- [28] 聂发辉,吴彩斌,吴双桃.商陆对镉的富集特征[J].浙江林学院学报,2006,23(4):400.
- [29] 薛生国,陈英旭,林琦,等.中国首次发现的锰超积累植物——商陆[J].生态学报,2003,23(5):935.
- [30] 王华,唐树梅,廖香俊,等.锰超积累植物——水蓼[J].生态环境,2007,16(3):830.
- [31] 吴双桃,吴晓芙,胡曰利,等.铅锌冶炼厂土壤污染及重金属富集植物的研究[J].生态环境,2004,13(2):156.
- [32] 聂俊华,刘秀梅,王庆仁. Pb(铅)富集植物品种的筛选[J].农业工程学报,2004,20(4):255.
- [33] Rascio N. Metal accumulation by some plants growing on zinc mine deposits [J]. Oikos 1977, 29: 250.

1.3 首购品种多, 采购难度大 2009 年援助墨西哥甲型 H1N1 流感药材保障任务中, 由于当时该病毒为新型病毒, 还没有有效的治疗用药品, 更多的是防护用具和消毒药品。根据这一特殊情况, 总后卫生部下达的采购清单中, 大部份药材都是药材供应站首次购进药材, 而且, 当时我国国内生产防护用具和消毒药品的企业呈现了供不应求的现象。这就给采购工作加大了难度。虽然采购难度加大, 援助任务仍然下达的紧急而且要求高, 不仅要求采购及时准确, 而且要确保药材的质量可靠。

2 完成紧急援外药材供应保障的做法

2.1 落实规范严, 统筹协调紧 受领任务的同时启动应急预案, 成立由药材供应站站长为组长的援外药材领导小组, 统筹安排工作, 责任到人, 并做到“三个同步”: 即药品目录编报与预订同步; 药品入库验收与封装同步; 药品发出铁运和路运计划同步。根据天气情况变化、药材数量大小, 周密计划, 合理安排, 落实“三分四定”, 制订多种装车、运输、押运方案, 随时根据进展情况做好完成任务的准备。

2.2 包装要求高, 规范做在先 根据每次援外药材的实际情况, 参照《援外包装规范》, 按照公路、铁路、水运、航空运输的相关规定, 在采购药材的同时, 拟定包装要求, 并装订成册下发各供应商, 统一包装材料、援外标识和中英文标识的张贴位置和打包方式, 在药材入库之前统一包装, 大大提高工作效率。使得包装工作有据可查、有章可循, 保证了援助药材外包装的有效、美观和基本统一。

2.3 启运通知急, 计划要周全 根据每次药材到货情况、车皮数量、站台分配, 精心拟制物资交接清单, 做到定货位、定品种、定人员、定车皮, 统筹兼顾, 药材入库、验收、出库等每个环节都有交接手续和专人负责。特殊情况下, 在征得总后卫生部领导同意后, 动用地方储备企业, 完成药材的存储、包装和发运等工作, 以节省人力、物力, 提高工作效率。

3 存在的问题与对策

3.1 应急预案欠完善, 应该统揽全局修订预案, 突

出重点。要切实增强预案的针对性, 既要参考以往紧急援外药材保障工作特点, 又要尽可能摸清实际援助情况, 适时进行研究, 在药材的筹措与准备上统筹兼顾, 增强预案的针对性和科学性。

3.2 军地结合还不够紧密, 特殊时期应采取军地联合保障与运输的原则, 这样可以提高保障的效率。但应该对地方配送企业库管、押运等人员进行相关政治纪律和业务知识培训, 定期对配送企业进行应急演练, 提高保障能力, 确保任务完成。

3.3 内部协调还不够畅通。药材供应站内部之间的配合还有待加强, 首先应该进一步提高药材供应站人员的素质, 尤其是重点岗位人员的专业素质。

3.4 包装要求还不够规范。援外包装规定的内容有待完善, 应更多地学习包装的相关知识、法规、制度, 结合我站援外的实际特点, 拟定符合军队药材供应机构执行援外任务需要的相关包装质量管理规定。

3.5 按需保障的精确性还不高, 因此, 应该与受援国家多沟通或者对受援国家受灾情况进行勘查, 提供有效的需求, 提高保障的精确性。

3.6 保障的时效性还不强, 军队供应渠道单一, 计划层层上报, 药品的采购、调拨、发放周期较长, 与满足紧急需要还存在一定的差距, 应采取急事急办, 特事特办, 手续后补的原则, 工作人员做好登、统计, 以备后查。

3.7 保障的安全还有隐患。由于时间紧、任务急, 一些药品特别是军队特需药品无法及时从市场采购, 有的予以替换或紧急加工生产, 在药品质量上难以保证。此外, 药材从国内运输至受援国, 路途遥远、药品和储存运输条件复杂, 难免造成药品损坏和质量变异, 给用药安全带来隐患。药材供应站应根据这一情况对特需药品常备库存, 并与生产该品种的企业签订协议, 特殊时期, 优先供应。药材交与运输部门时应提供详细的交接清单, 并对需要特殊储存的药材加以说明, 保证运输途中药材的安全。

[收稿日期] 2010-03-18

[修回日期] 2010-05-10

(上接第 409 页)

[34] Long XX, Yazng XE, Ye ZQ, *et al*. Differences of uptake and accumulation of zinc in four species of sedum [J]. *Acta Botanica Sinica* 2002 44(2): 152.

[35] 唐世荣. 重金属在海州香薷和鸭跖草叶片提取物中的分配 [J]. *植物生理学通讯*, 2000 36(2): 128.

[36] 束文圣, 杨开颜, 张志权, 等. 湖北铜绿山古铜矿冶炼渣植被与优势植物的重金属含量研究 [J]. *应用与环境生物学报*, 2001, 7(1): 7.

[收稿日期] 2009-11-05

[修回日期] 2009-12-10