

doi:10.11937/bfyy.20165188

土壤重金属胁迫与植物相关 miRNA 的研究进展

张 路¹, 王利华², 桂和荣¹, 王华森²

(1. 安徽理工大学 地球与环境学院, 安徽 淮南 232001; 2. 浙江农林大学 农业与食品科学学院, 浙江 临安 311300)

摘 要: 重金属污染是指由于人类对矿山过度开采、金属冶炼与加工及其它化工操作, 造成的铅(Pb)、汞(Hg)、镉(Cd)、铬(Cr)等重金属以各种形式进入生态环境中, 在其中留存、积累和迁移而造成的生态污染, 土壤重金属污染的治理已成为目前环保关注的焦点。植物在长期进化过程中形成了根系富集、细胞壁束缚、跨膜转运等多种应对重金属胁迫的应答机制。microRNA(miRNA)是一类调控基因表达的重要小分子 RNA, 通过调控靶基因的表达而参与植物的生长发育、胁迫应答等生理代谢活动, 它们同样在植物应答重金属胁迫过程中发挥重要作用。该研究对土壤中重金属污染现状进行了综述, 并阐述了重金属胁迫条件下相关 miRNA 表达调控情况, 以期为更好地研究植物 miRNA 应答重金属胁迫的调控机制提供参考依据。

关键词: 土壤重金属; 胁迫; microRNA; 基因调控

中图分类号: S 153 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-0009(2017)18-0180-06

重金属在自然生态环境中含量较低, 但由于人类对矿山过度开采、金属冶炼与加工及其它化工操作, 造成铅(Pb)、汞(Hg)、镉(Cd)、铬(Cr)等重金属以各种形式进入生态环境中, 而在其中留存、积累和迁移, 对生态系统稳定造成严重危害, 甚至影响到人类健康。近年来对土壤重金属污染的治理已成为环保关注的焦点。

目前对于重金属没有严格统一的定义, 在环境污染方面所指的重金属主要包括一些生物毒性显著的非必需重金属如 Cd、Hg、Pb、Cr 以及类金属砷(As)等, 也包括铜(Cu)、铁(Fe)和镍(Ni)等具有一定毒性的必需重金属。二者对于植物都有

一定的毒害作用^[1], 不仅植物的正常生长会受到植物体内高浓度重金属的影响, 造成产量和品质下降, 而且重金属通过食物链进入人体而对人类健康产生潜在危害^[2]。植物在长期进化过程中产生了对重金属胁迫的多种应答机制, 如植物对重金属的拮抗作用、根系富集、细胞壁束缚、跨膜转运以及抗氧化响应等^[3-4], 但植物应答重金属胁迫的基因表达调控机制目前研究十分有限, 需进一步深入研究。

近年来研究表明在植物体内的 miRNA 可通过调控靶基因的表达参与植物的生长发育、胁迫应答等生理代谢活动。miRNA 一般含有 20~24 个核苷酸(nt), 是一类新型的调控基因表达的非编码单链 RNA 分子。自 1993 年, LEE 等^[5]在研究秀丽影线虫(*Caenorhabditis elegans*)中发现 miRNA 后, 关于 miRNA 的研究逐年增多。CHEN 等^[6]研究发现 miRNA 在动物、植物以及细菌的细胞生长发育、形态建成、信号转运、胁迫响应等代谢过程中起着调控作用。miRNA 转录

第一作者简介: 张路(1982-), 男, 安徽淮南人, 博士研究生, 助理研究员, 现主要从事环境生物技术等研究工作。
E-mail: 648158579@qq.com.

责任作者: 桂和荣(1963-), 男, 安徽舒城人, 博士, 教授, 博士生导师, 现主要从事地质工程及环境工程等研究工作。
E-mail: hrgui@163.com.

收稿日期: 2017-02-07

后通过与靶基因 mRNA 序列互补而引起靶基因的降解或抑制其翻译,即在转录后水平负调控靶基因的表达,最终达到抑制特定基因表达的目的。miRNA 参与调控植物的生长水平,当植物受到逆境胁迫如重金属胁迫时,植物体内通过调控 miRNA 的表达量,以应答土壤中重金属胁迫^[7],因此植物 miRNA 与重金属有着密切联系。

1 土壤重金属污染

土壤重金属污染的来源主要是岩石风化、火山喷发等自然地质活动和矿产开采、金属冶炼、煤燃烧、汽车尾气、生活废水及污水灌溉的排放,农药和化肥的施用等人类活动,其中人类活动是主要来源。由于矿产大量开采和冶炼过程中“三废”的排放,导致我国江流区域土壤重金属 Cd、As、Pb、Zn 和 Cu 污染比较严重,并产生严重的生态环境风险^[8]。重金属在土壤中停滞时间长,难以被降解,经水、大气、植物等介质最终传递给人体而影响到人类健康。因此,土壤重金属污染的治理与恢复难度大,已引起全世界范围内的高度关注。

1.1 Cd 污染及其危害

土壤 Cd 污染的主要来源是电镀行业、化工行业、电子业及核工业等领域排放的“三废”物质通过污水灌溉和污泥施肥进入土壤。Cd 在土壤中不易移动,容易造成土壤的化学组成的改变,甚至会破坏土壤的生态结构,并且 Cd 在土壤作物的迁移积累作用下影响农产品质量乃至人体健康。高浓度的 Cd 对作物的光合作用、呼吸作用、物质代谢等正常生理活动及细胞透性和保护酶活性产生巨大影响^[9]。陈世军等^[10]研究发现当 Cd 浓度增大,辣椒幼苗体内的过氧化物酶(POD)活性增大,超氧化物歧化酶(SOD)和过氧化氢酶(CAT)活性受到抑制,严重影响了辣椒幼苗正常生长;付世景等^[11]研究表明随着 Cd 浓度的增加,板蓝根叶片和根对 Cd 的吸收增加,高浓度的 Cd 对板蓝根生长具有明显抑制作用;王辉等^[12]研究发现随着 Cd 浓度的增加,大豆幼苗的株高、干物质明显下降,叶片叶绿素含量下降,丙二醛(MDA)含量增加及膜透性增加,对大豆幼苗的生长有着明显抑制作用;夏会龙等^[13]研究发现随着土壤中

Cd 浓度的增加,甘蔗生物量、茎径和茎节长而降低,土壤中 Cd 浓度越高,抑制效应越明显;叶片中叶绿素及可溶性糖含量与土壤中 Cd 浓度呈负相关。从上述研究结果可知高浓度的 Cd 对植物的正常生长产生直接影响,使植株生物量减少,而且进入农作物被人体摄取,造成人体内 Cd 负荷增加,出现靶器官肾脏的损害^[14],影响到人类的健康。因此如何消除和减少土壤和水体中的镉,减少其对植物及人体的危害已成为研究热点。

1.2 Pb 污染及其危害

Pb 对环境的污染主要是冶炼、制造和使用铅制品的工矿企业排放的“三废”和汽车排放的含 Pb 废气造成的。土壤 Pb 污染具有长期性、隐蔽性和不可逆性,Pb 通过土壤-植物系统转移至植物体而影响植物的正常生长代谢。Pb 在土壤中较稳定,在植物根系与微生物互作下,经过植物的呼吸作用被交换运输到植物体内,造成农作物株高、叶面积、结实率等农艺学性状随之下落,在植株体内集中分布于根部中,其次为茎、叶柄和叶^[15-17]。李德明等^[18]研究证实含 Pb 浓度低于 $50 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 的溶液对于小白菜种子萌发有促进作用,高浓度 Pb 处理时($500 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$)其萌发率受到显著的抑制。Pb 污染土壤中植株根系形态最易受到 Pb 的强烈影响,一般在 Pb 污染土壤中生长的植物,其根生长减慢,根长受到抑制,根毛、侧根数量减少,根系生物量和体积下降;当根系受到高浓度 Pb 胁迫时其根冠会膨大变黑,严重时根系腐烂^[19]。Pb 具有强累积性,在食物链中富集进入人体,损害人体神经、消化等系统,对人类健康造成威胁。

1.3 Hg 污染及其危害

Hg 在自然界分布极广,随着人为采矿、有色金属冶炼、化石燃料燃烧等活动的进行,Hg 污染已成为一个全球性的污染问题^[20-21]。大量原子态 Hg 随着燃烧废气进入大气,其中大部分的 Hg 都会通过自由沉降或酸沉降进入土壤,造成土壤 Hg 污染,而经过化学作用转化为毒性更强的甲基汞(Me-Hg)进入人体后直接对神经系统和心脑血管造成伤害^[22]。Hg 污染的潜伏性大,主要表现在其对食品安全的影响,研究发现,作物籽实的 Hg 含量与土壤 Hg 含量呈显著正相关关系,

其中水稻富集 Hg 的能力最强,而对不同种类蔬菜的 Hg 富集能力研究发现富集 Hg 的能力也不同,为白菜>萝卜>辣椒>豆角^[23]。当人类食用这些作物时,很容易造成汞中毒。对于重金属 Hg 污染土壤的治理,许多研究发现,在受到重金属污染的地方,施加调控剂以促进植物对重金属的吸收,可达到比较好的治理效果。在种植羽扇豆(*Lupinus L.*)和芥菜(*Brassica juncea*)的基质中添加了人工诱导剂后,可以有效地吸收矿山尾渣中的 Hg^[24];在低量的硫化钠促进下土壤中 Hg 向植物迁移的速率加快^[25],有机肥的施用也能明显降低高粱幼苗茎叶和根中 Hg 的含量^[26]。

1.4 As 污染及其危害

As 在自然中分布极为广泛,作为一种类金属,其毒性很强,是最常见、对居民健康危害最严重的环境化学污染物之一。土壤 As 污染不仅对农作物生长发育产生毒害,而且对人体的健康,甚至对生态安全存在着极大威胁。其治理难度大、时间长,原因在于 As 进入土壤中,通过植物自然降解时间约为 100 年^[27],因此修复 As 污染土壤已成为环境科学研究的重点。As 对作物的毒害外观症状表现比较显著,根数目变少,根系发褐、发黑,根质量、体积下降;植株矮小,叶片失绿发黄;植株长势弱,生长发育延迟,严重时导致开花结果受到障碍,甚至死亡^[28]。As 对植物的生理代谢也有着巨大的影响:As 进入植株体,减少了植物叶面蒸腾,作物中水分运输不能进行正常,从根部向地上部分的水分供给受到抑制;土壤中 As 含量的增高使得植物的叶绿素含量降低,茎叶蔗糖酶活性下降,光合作用受到抑制,而不能进行正常生理活动;作物受 As 毒害时体内的 CAT、SOD 活性下降,MDA 含量增加,作物质膜结构遭到破坏,相对透性增大^[29-30]。As 对植物生长发育的影响是多方面的,植物应答 As 胁迫是多种生理过程的综合反应,今后尚需对该生理机制进一步深入研究,以利于更好的了解 As 与植物间的关系。

2 植物 miRNA 与土壤重金属胁迫

土壤中有害重金属的积累不仅对植物产生毒害作用,而且潜在威胁到人类健康。随着污染的加重,提高农作物对土壤中重金属的胁迫应答能

力及超富集植物的筛选已成为当前科学研究的热点,通过 miRNA 调控植物生长发育为开展研究提供了新途径。

土壤重金属污染对植物的生长发育有较大影响,研究者对于其抗性相关的 miRNA 研究也较多。近年来,诸多研究成果显著。采用表达序列标签、构建 miRNA 文库、RT-PCR、基因芯片以及 miRNA 高通量测序等方法^[31-36],发现多种重金属逆境胁迫下植物体能诱导产生多种 miRNA,并在植物应答重金属胁迫中发挥着重要的作用。

2.1 miRNA 与 Cd 胁迫

XIE 等^[31]用生物信息学方法预测了甘蓝型油菜(*Brassica napus*)中的 21 个 miRNA,并以试验证实了其中 5 个 miRNA,进一步研究发现 miR156、miR171、miR393、miR396a 的表达受 Cd 的抑制,表明以上 miRNA 在 Cd 胁迫响应中发挥作用。ZHOU 等^[37-38]研究豆科模式植物蒺藜苜蓿(*Medicago truncatula*)发现多种重金属(如 Cd、Hg 和 Al)能诱导与调节部分 miRNA 的表达,其中,miR171、miR319、miR393 和 miR529 在 Cd、Hg 和 Al 胁迫下表达上调,而 miR166、miR398 则表达下调。在 miRNA 的过量表达转基因试验中发现 miR166 过量表达能提高水稻对 Cd 胁迫的耐受性^[39]。在 Cd 胁迫下油菜植株中 miR159 的表达量减弱,miR159 的靶基因 ATP-binding cassette 转运体(ABC)表达提高,使 Cd 螯合物从植物根部分泌到周围土壤中,以减轻 Cd 对植物体的胁迫^[35];对甘蓝型油菜研究发现,植株体内 miR167 表达量上升通过调节植株中 Cd 离子的转运,使体内的 Cd 离子含量下降而减轻 Cd 毒害^[36]。

2.2 miRNA 与 As 胁迫

目前,已经在水稻根中鉴定了一些与 As 胁迫相关的 miRNA,其中 miR172c、miR1432、miR1318、miR169a 在 As 胁迫下表达水平下调,miR408、miR397b、miR528 的表达上调^[40]。在 As 胁迫下,水稻中 miR167 表达量显著下调^[40],miR156 表达上调^[37],而在蒺藜苜蓿中 miR167 表达量则上升^[41]。SRIVASTAVA 等^[42]研究发现,miR319 是能够应答 As 胁迫响应的 miRNA,并且能够对其它重金属,如 Cd、Hg 和 Al 胁迫存

在应答反应。在 As 胁迫下 miR528 在水稻根部的表达上调了 22 倍,表明 miR528 在水稻胁迫过程中发挥着重要作用^[43]。

2.3 miRNA 与其它金属胁迫

蒺藜苜蓿在 Hg 胁迫下 miR156 表达减弱,而蒺藜苜蓿在 Al 胁迫下 miR156 表达上调^[36]。SUNKAR 等^[44]发现拟南芥幼苗的 miR398 在高 Cu、高 Fe 氧化胁迫下表达诱导降低,过氧歧化酶(CSD)的表达量积累,导致植株对氧化胁迫的耐受性大大增加。ZHOU 等^[36]证实 miR156 通过调控靶基因谷胱甘肽 γ -谷氨酰转肽酶(glutathione- γ -glutamylcysteinyl transferase,GGT)含量,进而参与重金属应答。在拟南芥中 miR395 通过参与调控硫酸盐转运体(OsSultr2;1)和 3 个 ATP 硫酸化酶基因(ATP-sulphurylase,APS)(APS1、APS3 和 APS4),参与重金属 Al、Cd 和 Hg 胁迫应答^[45-46]。

3 展望

数据显示,我国有近 1/5 的耕地面积(约 2 000 万 hm^2)受到 Cd、Hg、Pb 等重金属及类金属 As 的污染。重金属污染不仅严重影响着农作物的产量和品质,而且可以通过食物链的累积对人类健康造成危害。miRNA 的发现有利于认识基因和基因表达调控的本质,是生命科学研究领域的重大突破,并发现其在植物应答重金属胁迫的过程中起着重要作用。利用 miRNA 调控基因的表达来改善植物对土壤重金属的胁迫应答能力,运用分子遗传学及生物统计学筛选、培育出高耐重金属的作物品种,将成为未来的研究重点和热点。

参考文献

- [1] VALLE B L, ULMER D D. Biochemical effects of mercury, cadmium, and lead[J]. Annu Rev Biochem, 1972, 41: 91-128.
- [2] VERBRUGGEN N, HERMANS C, SCHAT H. Mechanisms to cope with arsenic or cadmium excess in plants[J]. Curr Opin Plant Biol, 2009, 12(3): 364-372.
- [3] CLEMENS S. Molecular mechanisms of plant metal tolerance and homeostasis[J]. Planta, 2001, 212: 475-486.
- [4] XU J, ZHU Y, GE Q, et al. Comparative physiological responses of *Solanum nigrum* and *Solanum torvum* to cadmium stress[J]. New Phytol, 2012, 196(1): 125-138.
- [5] LEE R C, FEINBAUM R L, AMBROS V. The *C. elegans* heterochronic gene lin-4 encodes small RNAs with antisense complementarity to lin-14[J]. Cell, 1993, 75: 843-854.
- [6] CHEN X. A microRNA as a translational repressor of APETALA2 in *Arabidopsis* flower development[J]. Science, 2004, 303: 2022-2025.
- [7] YANG Z M, CHEN J. A potential role of microRNAs in plant response to metal toxicity[J]. Metallomics, 2013, 5(9): 1184-1190.
- [8] LIU C Z, HUANG Y Z, LEI M, et al. Assessment of ecological risks of heavy metal contaminated soils in the Zijiang river region by toxicity characteristic leaching procedure[J]. Environmental Chemistry, 2011, 30(9): 1582-1589.
- [9] 孙哲, 吴宏霞, 唐丽娜, 等. 镉对三种主要农作物毒害效应的研究进展[J]. 山东农业科学, 2009(11): 86-89.
- [10] 陈世军, 韦美玉. 镉对辣椒幼苗生长与生理特性的影响[J]. 江苏农业科学, 2009(4): 180-182.
- [11] 付世景, 宗良纲, 孙静克. 镉污染板蓝根生理指标的变化及其对镉积累的研究[J]. 安徽农业科学, 2007(3): 649-651.
- [12] 王辉, 张文会. 不同浓度的镉胁迫对大豆幼苗生长的影响[J]. 聊城大学学报, 2008(3): 79-78.
- [13] 夏会龙, 程文伟, 池小雅. 镉胁迫对甘蔗生长及生理性状的影响[J]. 中国土壤与肥料, 2009(1): 42-45.
- [14] 黎美清, 杜岩, 葛宪民, 等. 某有色金属矿区区长住居民镉铅食物链效应调查[J]. 应用预防医学, 2009, 15(3): 97-99.
- [15] 孙贤斌, 李玉成, 王宁. 铅在小麦和玉米中活性形态和分布的比较研究[J]. 农业环境科学学报, 2005, 24(4): 666-669.
- [16] 江行玉, 赵可夫. 铅污染下芦苇体内铅的分布和铅胁迫相关蛋白质[J]. 植物生理与分子生物学学报, 2002, 28(3): 169-174.
- [17] 宋玉芝. 土壤铅污染对水稻生长影响的研究[J]. 南京气象学院学报, 2005, 28(4): 536-541.
- [18] 李德明, 贺立红, 朱祝军. 几种重金属离子对小白菜种子萌发及生理活性的影响[J]. 种子, 2005, 24(6): 27-29.
- [19] 王慧忠, 何翠屏, 赵楠. 铅对草坪植物生物量与叶绿素水平的影响[J]. 草业科学, 2003, 20(6): 73-75.
- [20] 胡月红. 国内外汞污染分布状况研究综述[J]. 环境保护科学, 2008, 34(1): 38-41.
- [21] 党民团, 刘娟. 中国汞污染的现状及防治对策[J]. 应用化工, 2005, 34(7): 394-396.
- [22] HOGBERG H T, KINSNER-OVASKAINEN A, COECKE S, et al. mRNA expression is a relevant tool to identify developmental neurotoxicants using an *in vitro* approach[J]. Toxicol Sci, 2010, 113: 95-115.
- [23] 刘钊钊, 唐浩, 吴健, 等. 土壤汞污染及其修复技术研究进展[J]. 环境工程, 2013, 31(5): 80-109.
- [24] MORENO F N, ANDERSON C W N, STEWART R B, et al. Phytoremediation of mercury contaminated mine tailings by induced plant mercury accumulation[J]. Environmental Practice, 2004, 6(2): 165-175.
- [25] 陈宏, 陈玉成, 杨学春. 硫化钠对土壤汞、镉、铅的植物可利用性的调控[J]. 生态环境, 2003, 12(3): 285-288.

- [26] 张琴,张崇玉,刘文拔,等.施用有机肥对高粱苗期吸收汞的影响[J].安徽农业科学,2008,36(33):14655-14656.
- [27] 王新,贾永锋.土壤汞污染及修复技术[J].环境科学与技术,2007,30(2):107-109.
- [28] 冯丽娟.矿山中砷的环境污染特征[J].能源与环境,2008(3):112.
- [29] 朱云集,王晨阳,马元喜,等.砷胁迫对小麦根系生长及活性氧代谢的影响[J].生态学报,2000,20(4):707-710.
- [30] 胡家恕,童富淡,邵爱萍,等.砷对大豆种子萌发的伤害[J].浙江大学学报,1996,22(2):121-125.
- [31] XIE F L, HUANG S Q, GUO K, et al. Computational identification of novel microRNAs and targets in *Brassica napus*[J]. Febs Lett, 2007, 581(7):1464-1474.
- [32] SUNKER R, ZHU J K. Novel and stress-regulated microRNAs and other small RNAs from *Arabidopsis*[J]. Plant Cell, 2004, 16:2001-2019.
- [33] HUANG S Q, PENG J, QIU C X, et al. Heavy metal-regulated new microRNAs from rice[J]. Inorg Biochem, 2009, 103(2):282-287.
- [34] DING Y F, CHEN Z, ZHU C. Microarray-based analysis of cadmium-responsive microRNAs in rice (*Oryza sativa*)[J]. J Exp Bot, 2011, 62(10):3563-3573.
- [35] FANG X, ZHAO Y, MA Q, et al. Identification and comparative analysis of cadmium tolerance-associated miRNAs and their targets in two soybean genotypes[J]. PLoS One, 2013, 8(12):1471.
- [36] ZHOU Z S, SONG J B, YANG Z M. Genome-wide identification of *Brassica napus* microRNAs and their targets in response to cadmium[J]. J Exp Bot, 2012, 63(12):4597-4613.
- [37] ZHOU Z S, ZENG H Q, LIU Z P, et al. Genome-wide identification of *Medicago truncatula* microRNAs and their targets reveals their differential regulation by heavy metal[J]. Plant Cell Environ, 2012, 35(1):86-99.
- [38] ZHOU Z S, HUANG S Q, YANG Z M. Bioinformatic identification and expression analysis of new microRNAs from *Medicago truncatula*[J]. Biochem Biophys Res Commun, 2008, 374:538-542.
- [39] 丁艳菲.水稻镉胁迫应答相关 microRNA 的分离与功能研究[D].杭州:浙江大学,2012.
- [40] LIU Q, ZHANG H. Molecular identification and analysis of arsenite stress-responsive miRNAs in rice[J]. Agric Food Chem, 2012, 60(26):6524-6536.
- [41] CHEN L, WANG T, ZHAO M, et al. Identification of aluminum-responsive microRNAs in *Medicago truncatula* by genome-wide high-throughput sequencing[J]. Planta, 2011, 235(2):375-386.
- [42] SRIVASTAVA S, SRIVASTAVA A K, SUPRASANNA P, et al. Identification and profiling of arsenic stress-induced microRNAs in *Brassica juncea*[J]. J Exp Bot, 2013, 64(1):303-315.
- [43] 朱乐毅. miR528 在水稻应答砷胁迫中的功能研究[D].杭州:浙江农林大学,2014.
- [44] SUNKAR R, KAPPOR A, ZHU J K. Posttranscriptional induction of two Cu/Zn superoxide dismutase genes in *Arabidopsis* is mediated by downregulation of miR398 and important for oxidative stress tolerance[J]. Plant Cell, 2006, 18(8):2051-2065.
- [45] YANG Z M, CHEN J. A potential role of microRNAs in plant response to metal toxicity[J]. Metallomics, 2013, 5(9):1184-1190.
- [46] ZHANG L W, SONG J B, SHU X X, et al. miR395 is involved in detoxification of cadmium in *Brassica napus* [J]. Hazard Mat, 2013, 250:204-211.

Progress on the Soil Heavy Metal Stress and Associated miRNA of Plant

ZHANG Lu¹, WANG Lihua², GUI Herong¹, WANG Huasen²

(1. College of Earth Science and Environment, Anhui University of Science and Technology, Huainan, Anhui 232001;

2. School of Agriculture and Food Science, Zhejiang A & F University, Lin'an, Zhejiang 311300)

Abstract: Heavy metal pollution is the ecological pollution caused by the heavy metals such as lead (Pb), mercury (Hg), cadmium (Cd) and chromium (Cr). These various forms of heavy metals get into the ecological environment due to human over-exploitation of the mining, metal smelting, and processing as well as other chemical operations, and they could retent, accumulate and migrate into the ecological environment. The treatment of soil heavy metal pollution has become the focus of environmental protection. In the long evolutionary process, plants have formed diverse mechanisms to deal with the heavy metal stress such as root-enriching, wall-bounding and membrane-transporting. microRNA (miRNA) are an important class of small RNA molecules involved in the growth and

doi:10.11937/bfyy.20170403

基于季节指数的蔬菜价格变动趋势分析及预测

张 标¹, 张 领 先^{2,3}, 傅 泽 田¹, 王 洁 琼¹

(1. 中国农业大学 工学院, 北京 100083; 2. 中国农业大学 信息与电气工程学院, 北京 100083;

3. 农业部农业信息化标准化重点实验室, 北京 100083)

摘 要:基于季节指数分析蔬菜价格和上市量的波动趋势,并进一步构建了蔬菜价格预测计量模型。结果表明:蔬菜整体的价格和上市量总体呈现出波动上升趋势,且具有显著的季节性;果菜、叶菜和根茎菜年均价格呈现出波动上升趋势,而上市量走势总体均保持平稳上升趋势,且具有明显的季节性变化;在未来2年蔬菜价格均继续呈现出季节性变动的缓慢上升趋势,且价格变动并不是由季节这单一因素主导,还受到其它随机因素影响,尤其是叶菜表现最为明显。

关键词:北京;蔬菜;价格变动;季节指数;预测模型

中图分类号:F 323 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2017)18-0185-07

蔬菜是居民日常消费的农产品,由于近年来蔬菜价格的不稳定,对居民购买和消费行为产生了重大影响,从而影响居民的生活水平,特别是对于北京这样拥有2 152万人口的国际化大都市而言,稳定蔬菜价格、保障城市供给更为重要。但是我国农产品价格波动具有明显的季节性和周期性特征^[1],特别是季节性特征已经成为农产品市场

波动本身固有的共同属性,由于品种特点和生长周期不同使其季节性表现呈差异性时节和程度特征^[2]。由于蔬菜不耐储存和运输不便的特征,导致蔬菜生产与供应的季节性更加明显。在蔬菜的生产淡季,供应量不足,会导致价格蔬菜的市场价格上涨,消费者的生产受到影响,但是蔬菜生产旺季时,供应过量,导致价格下跌,使生产者利益受损。如果根据以往的价格数据,能够预测未来蔬菜的市场价格,使生产者、批发商和相关管理者提前做出决策,在保障利益最大化的同时,能够促进蔬菜市场的均衡供应,稳定市场的价格,对于北京蔬菜市场、生产者、消费者和批发商都具有重要的意义。

现以北京市新发地农产品批发市场为例,数据来源于该批发市场内部统计数据,数据范围从2006年1月至2015年12月。研究对象是日常

第一作者简介:张标(1988-),男,博士研究生,研究方向为信息管理与智能处理。E-mail:zhangbiao1125@163.com.

责任作者:张领先(1970-),男,博士,教授,博士生导师,现主要从事农业信息管理与智能处理等研究工作。E-mail:zhanglx@cau.edu.cn.

基金项目:北京市社会科学基金重点资助项目(16YJA007);叶类蔬菜产业技术体系北京市创新团队建设资助项目(BAIC07-2017)。

收稿日期:2017-04-06

development, stress-responsing, and other physiological and metabolic activities of plants by regulating expression of the target genes. They also played an important role in the process of dealing with the heavy metal stress in plants. In this study, the situation of heavy metal pollution and regulation of miRNA expression under heavy metal stress were reviewed. It could provide references for better studying the responsive and regulatory mechanisms of plant miRNA.

Keywords: soil heavy metals; stress; miRNA; gene regulation