

盐碱及重金属对植物生长发育的影响

李文誉, 李德明

(长江大学 园艺园林学院, 湖北 荆州 434025)

摘要: 盐碱及重金属在体内积累过多, 会对植物产生毒害。现根据近几年的研究报道, 综述了盐碱[氯化钠(NaCl)、碳酸钠(Na₂CO₃)等]及重金属[镉(Cd)、汞(Hg)、铅(Pb)、铜(Cu)、铬(Cr)、锌(Zn)、砷(As)等]胁迫对植物生长发育的影响, 以期探讨减轻或避免盐碱及重金属危害的相应方法。

关键词: 盐碱; 重金属; 植物; 生长发育

中图分类号: S 156.4⁺1 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001—0009(2010)08—0221—04

盐碱和重金属都是影响植物生长发育的重要因素。据报道, 中国现有各类盐碱地 3 300 万 hm², 另有部分耕地面临盐碱化威胁^[1]。因此, 耐盐植物资源开发利用是促进盐碱地区农业生产的重要途径之一。盐碱地是因盐类集积而引起的, 土壤所含盐分影响作物正常生长, 在自然界的致害盐中, 除了以氯化钠(NaCl)为主的中性盐外还包括碳酸钠(Na₂CO₃)为主的碱性盐^[2]。鉴于此, 暂且将 NaCl 的作用称为盐胁迫, Na₂CO₃ 的作用则称为碱胁迫。谢德意等^[3]指出, 棉花幼苗对盐胁迫较为敏感, 任何盐浓度均对棉花幼苗生长产生抑制作用, 随盐浓度升高, 抑制越明显。石德成等^[4]指出, 在 Na₂CO₃ 胁迫下羊草苗生长明显受抑制, 叶绿素含量降低。随着工业不断发展, 重金属污染已成为环境生物学关注的焦点, 环境污染将引起土壤中某些重金属离子增加, 当土壤中重金属离子超过其对重金属离子的自洁作用时, 将对植物代谢和生长发育产生影响^[5]。环境污染所指的重金属包

括镉(Cd)、汞(Hg)、铅(Pb)、铬(Cr)和类金属砷(As)等生物毒性明显的重金属, 同时也包括诸如锌(Zn)、铜(Cu)、钴(Co)、镍(Ni)等有一定毒性的一般重金属^[6]。有关盐碱及重金属对蔬菜、作物的影响国内外已经有诸多报道^[7-12]。现从盐碱与重金属二方面探讨 2 种胁迫单一或同时存在时对植物各方面的影响, 便于在实际工作中为植物生长提供更有利的环境条件。

1 盐碱对植物生长发育的影响

盐分是影响植物生长发育的重要环境因素之一。盐胁迫下, 植物根系最早感受逆境胁迫信号, 并产生相应的生理反应, 继而影响地上部生长。盐胁迫常导致植物根系生长受抑制, 短期盐胁迫下, 植物根系总吸收面积受到一定抑制、质膜透性升高并伴随吸水能力下降, 随着盐胁迫时间的延长, 根系活力和根系活跃吸收面积受抑制程度加大, 根系吸收能力持续下降, 盐胁迫对植株的伤害加重^[11]。有研究表明, 植物对盐胁迫比较敏感, 无论盐浓度的高低, 都对植物生长产生不同程度的抑制作用, 导致幼苗生长缓慢、子叶面积小、根系发育不良、幼苗干物质积累少^[13-19]。

此外, 盐处理时, 盐分对植物遗传物质也有一定的影响, 盐胁迫条件下小麦的核酸含量随着胁迫浓度的增加而减少, 且 RNA 含量变化明显大于 DNA, 而核酸酶

第一作者简介: 李文誉(1987-), 女, 云南普洱人, 在读本科, 研究方向园艺学。
通讯作者: 李德明(1972-), 男, 博士, 副教授, 研究方向为园艺学。
基金项目: 长江大学博士启动基金资助项目(2007018)。
收稿日期: 2010-01-11

Research Progress of Fungal Disease of Garden Plant

LI Ya-na^{1,2}

(1. College of Ecotourism, Shanghai Business School, Shanghai 201100; 2. Nanjing Forestry University, Nanjing, Jiangsu 210000)

Abstract: The fungal diseases of ornamental plants in China's performance and related types of pathogenic fungi were analyzed according to the present garden plant disease control measures, pointing out that the research direction of garden fungal plant disease biological control.

Key words: garden plants; plant pathogenic fungi; biological control

的活性在低浓度胁迫下升高, 高浓度胁迫下降低, 其机制在于盐胁迫主要影响了核酸的合成^[1]。费伟等^[12]研究表明, 盐胁迫下番茄幼苗叶片中脯氨酸、可溶性糖、丙二醛(MDA)含量明显增加; 超氧化物歧化酶(SOD)活性明显下降; 过氧化物酶(POD)活性上升。盐胁迫下植株体内发生的一系列生理生化改变是一个相当复杂的过程, 盐对植物形态建成及生理功能影响方面研究还不透彻, 有待进一步探索。由 Na_2CO_3 等碱性盐造成的碱胁迫不仅使农作物受到盐胁迫伤害, 而且它们还可以导致土壤 pH 值升高, 使植物受到高 pH 值胁迫伤害, 因此其破坏作用明显大于由 NaCl 等中性盐所造成的盐胁迫^[13]。然而, 到目前为止, 有关农作物抗盐碱生理的研究主要还是以 NaCl 胁迫为主, 人们对碱胁迫这一严重的环境问题却研究较少, 仅有少量有关碱胁迫的报道^[14,17]。尹尚军等^[3]、石德成等^[13]研究表明, 随着盐碱胁迫的不断增强, Na^+ 含量明显上升, K^+ 含量下降。但是, NaCl 对 K^+ 含量影响不大, 而 Na_2CO_3 胁迫则导致根及茎叶中的 K^+ 含量明显下降。根系与土壤直接接触, 在盐碱胁迫下, 最早感受胁迫信号, 并产生相应的生理反应, 继而才影响地上部分生长。孙涌栋等^[8]研究表明在高浓度 Na_2CO_3 胁迫下, 黄瓜幼苗根系的相对含水量和根系活力明显低于对照, 说明根系在逆境胁迫下通过降低含水量和减弱新陈代谢活动来增强抗逆性。柠檬酸是机体内的重要代谢中间产物, 其含量直接影响许多代谢途径, 同时柠檬酸又可作为缓冲剂来调节体内 pH 值, 使细胞内的 pH 值稳定在较小范围内。 Na_2CO_3 处理对植物体内柠檬酸的积累有明显的促进作用^[13]。

盐碱化土壤主要分为以 NaCl 为主的中性盐和以 Na_2CO_3 为主的碱性盐 2 类。2 种胁迫对植物的生长发育都有不同程度的影响。认识盐碱胁迫对植物产生的影响和作用机理, 能够有的放矢地克服盐碱害, 寻找提高植物耐盐碱性的途径和方法。吴立金^[14]总结了盐碱地改良的 4 种方法, 即水利改良模式、农业改良模式、生物改良模式和化学改良模式。这对于促进作物的高产稳产, 加强盐渍土的开发利用具有重要意义。

2 重金属对植物生长发育的影响

2.1 镉(Cd)对植物生长发育的影响

重金属 Cd 是植物非必需元素, Cd 进入植物体内并积累到一定浓度, 有些植物就会受到毒害, 生长受到抑制, 表现出毒害症状, 包括叶片褪绿、生长迟缓、植株矮小、产量下降甚至死亡等症状。根系往往是最直接、最严重的受害器官之一^[15]。大麦受 Cd 污染后, 种子的萌发率、根生长速率下降, 且随处理浓度增大和时间延长而加剧^[19]。

江海东等^[20]研究表明, 随着溶液中 Cd 浓度的增加, 油菜生长受到抑制, 根系和地上部干物质积累迅速

下降; 油菜幼苗矮化, 出叶数减少, 单株叶面积下降, 根长明显缩短, 根系活力下降。Gieslinski^[21]等研究表明, 随着土壤 Cd 浓度的增加, 草莓叶片生长受到显著抑制。吴甘霖^[22]通过溶液培养, 研究不同浓度 Cd ($0 \sim 1\ 100\ \text{mmol/L}$) 对花生幼苗生长及生理生态特性的影响发现, Cd 影响花生种子的萌发和幼苗的生长, 当 Cd^{2+} 浓度高于 $150\ \text{mmol/L}$ 时, 显著抑制种子的发芽率, 随 Cd^{2+} 浓度的增加, 苗高、根长和侧根数减少; 叶绿素含量随 Cd^{2+} 浓度的增加而下降, POD 活性随 Cd^{2+} 浓度增加而增加; MDA 含量同样呈上升趋势; SOD 与根系活力表现为低浓度下升高, 超过 $0.5\ \text{mmol/L}$ 后下降的变化趋势。李德明等^[23]研究了几种重金属离子对高羊茅种子萌发及生理活性的影响, 研究表明, 在高处理浓度处理下 ($50\ \text{mg/L}$), Cu^{2+} 、 Hg^{2+} 、 Cd^{2+} 等重金属离子对过氧化氢酶(CAT)的活性都有抑制作用, 其中 Cd^{2+} 的毒性最大, Hg^{2+} 最小, CAT 活性越强, 表示该处理重金属离子对羊茅的毒害作用越大。

2.2 汞(Hg)对植物生长发育的影响

不同浓度的 Hg 对植物生长产生不同的影响。刘玲等^[21]通过砂培试验, 研究 Hg 胁迫下玉米的生理生态指标包括叶绿素含量、根系活力、游离脯氨酸含量的变化。结果表明, Hg 对玉米的胁迫是浓度和时间双重因子的作用; 在低 Hg 浓度、短时间内, 叶绿素含量、根系活力及游离脯氨酸含量均有上升的趋势; 在高 Hg 浓度、长时间内, 各生理指标均严重下降。马成仓等^[23], 研究发现 Hg 通过抑制小麦的营养代谢, 降低营养利用能力, 而抑制小麦的种子萌发和幼苗生长。但在小麦种子萌发初期, 浓度低的 Hg 对种子萌发有短暂的促进作用。其原因可能是低浓度的 Hg 能暂时提高种子萌发初期的淀粉酶、蛋白酶和脂肪酶的活力, 加快了胚乳的分解, 提高了种子的呼吸速率, 加快了萌发代谢。但这种作用是暂时的, 随着幼苗的生长, Hg 在植物体内积累, 促进作用消失, 表现出抑制作用。

2.3 铅(Pb)对植物生长发育的影响

Pb 是一种常见的重金属污染物^[24]。过量 Pb 进入植物体内, 会对植物的生理生化过程造成一系列的不利影响。Pb 毒害引起草坪植物主要的中毒症状为根量减少, 根冠膨大变黑、腐烂, 导致植物地上部分生物量随后下降, 叶片失绿明显, 严重时逐渐枯萎, 植株死亡^[27]。刘素纯等^[28]以黄瓜幼苗为材料, 研究了 Pb 胁迫对黄瓜幼苗生长的影响, 结果表明, 低质量浓度 Pb ($100\ \text{mg/L}$) 对黄瓜幼苗早期生长有着促进作用, Pb 质量浓度高于 $200\ \text{mg/L}$ 时对黄瓜幼苗早期生长有着抑制作用, 并且 Pb 浓度越高, 对黄瓜幼苗生长的抑制作用越强。

2.4 铜(Cu)对植物生长的影响

Cu 是植物生长所必需的微量元素, 微量 Cu 对植物

生长具有促进作用, 土壤中 Cu 过多时会影响植物根系正常代谢功能, 使得植物从土壤中吸收的氮等养分显著减少, 造成植物生长发育迟缓、减产等。黄瓜幼苗遭受 Cu 害时, 植株矮小, 嫩叶严重失绿, 主根不伸展, 侧根呈瘤状突起, 整个根系呈褐色^[29]。刘春生等^[30]研究表明, 褐土中施加过量的 Cu 会抑制苹果新梢的伸长, 其抑制程度随 Cu 施入量的增加而加剧。在紫云英种子^[31]萌发和幼苗生长期, 在土壤高 Cu 量处理下, 随着处理浓度的增加, 紫云英各生长性状受到抑制, 其中以对紫云英根的影响最为突出, 其胚轴畸形, 主根生长不良, 根系粗短且呈褐色, 根尖上翘、根毛极少, 变色腐烂, 最后因生长点吸水困难而死亡。

2.5 铬(Cr)对植物生长发育的影响

Cr 虽然是植物所必需的微量元素, 但过量的 Cr 也会使植物受害, 抑制其生长发育。陈庆华等^[32]研究了 Cr 处理对黄瓜种子萌发及早期生长发育的影响。结果表明, 六价铬(Cr^{6+})处理可促进黄瓜种子萌发, 提高种子的发芽率和发芽势; 低浓度 ($< 2 \text{ mg/L}$) Cr^{6+} 处理对黄瓜种子萌发后芽和根的伸长生长基本没有影响; 但当 Cr^{6+} 浓度高于 5 mg/L 时, 芽和根的伸长生长则受到显著抑制, 且抑制作用随着处理浓度的增大而增大, 其对根的抑制作用明显大于对芽的抑制; 此外, Cr^{6+} 浓度为 $0.5 \sim 50 \text{ mg/L}$ 对黄瓜幼苗的鲜重积累和侧根的发育均有显著的抑制作用。任安芝^[33]研究表明, 低浓度的 Cr^{6+} 对青菜种子的萌发起促进作用, 而随着浓度的升高则表现出抑制作用。

2.6 锌(Zn)对植物生长发育的影响

Zn 元素是植物生长发育不可缺少的元素, 缺 Zn 时叶片失绿, 光合作用减弱。但过量的 Zn 也会伤害植物根系, 使植物根系的生长受到阻碍, 此外地上部分有褐色斑点和坏死。徐卫红等^[34]采用土培根袋试验研究了 Zn 胁迫对重金属富积累植物黑麦草 4 个品种生长, N、P、K 养分及 Zn 吸收积累的影响。结果表明, Zn 在一定范围内 ($0 \sim 520 \text{ mg/kg}$) 促进了黑麦草生长, RTI(根系耐性指数) ≥ 1.0 ($0 \sim 520 \text{ mg/kg Zn}^{2+}$)。在 $\text{Zn}^{2+} \leq 260 \text{ mg/kg}$ (根系) 或 $\text{Zn}^{2+} \leq 520 \text{ mg/kg}$ (地上部) 时, 黑麦草吸收 N、P、K 并未受到抑制。植株地上部和根系最大 N、P、K 含量大多出现在生物量最大或次高的 260 mg/kg , $520 \text{ mg/kg Zn}^{2+}$ 处理中。黑麦草植株 Zn 含量随 Zn 胁迫的增加而增加, 以泰德植株 Zn 含量和对 Zn 的转运率最高(其植株 Zn 地上部最大含量为 583.9 mg/kg DW , 加 Zn 处理的 $S/R > 1$)。

2.7 砷(As)对植物生长发育的影响

As 是一种毒性很强的环境污染物。一般认为, As 不是植物的必需营养元素^[37]。不同农作物对 As 的耐受性差异很大, 表现为旱生作物对 As 的耐受性大于禾谷

类作物, 水生作物大于豆类 and 蔬菜作物^[39]。刘全吉等^[37]研究了 As 对小麦生长和光合作用特性的影响。结果表明, 随着营养液中砷浓度的提高, 小麦根生长量和地上部分生长量较对照减少; 鲜重和 As 的浓度呈显著负相关。在 $0 \sim 90 \text{ mg/L}$ 砷处理内, 净光合速率(Pn)、气孔导度(Gs)、蒸腾速率(Tr)都随 As 的浓度的提高而降低; 细胞间浓度(Ci)呈先降低, 后升高的变化。同时, 高 As 浓度处理下, 小麦叶片叶绿素的显著降低, 也直接影响到了光合作用的进行。As 主要是毒害小麦根系生长, 造成植株体光合作用的气孔性限制和非气孔性限制出现, 最终影响小麦的生长和发育。

目前土壤中重金属污染物主要有 Cd、Hg、Pb、Cu、Cr、Zn、As 等。当植物种植在被重金属污染的土壤上, 其根系吸收土壤中的重金属, 如果重金属在植物体内积累过多, 会对植物产生毒害作用, 使植物体内的代谢过程发生紊乱, 直接影响植物生长发育, 乃至造成植株死亡。过量重金属进入环境, 通过植物的吸收在植物体内大量积累, 还可通过食物链危及动物和人类健康^[38]。土壤的重金属污染与治理一直是国内外的研究热点与难点问题。目前主要的治理方法基本上可分为物理法、化学法和生物修复法等 3 大类。Rugh 等^[39]已成功地把细菌的 Hg^{2+} 还原酶基因导入拟南芥植株, 最终的转基因植株能忍耐并挥发 Hg; 另一些植物则可将环境中的硒转化为可挥发的气态形式, 从而降低硒对土壤生态系统的毒性。常见的用于治理土壤重金属污染的有机物料主要有稻草、紫云英、泥炭、家畜(主要是猪、牛)粪肥以及腐殖酸等^[40]。由于土壤重金属污染的治理十分困难, 所以应该引起人们重视。

3 盐碱及重金属复合污染对植物生长发育的影响

随着现代经济的高速发展, 环境污染物的排放量与日剧增, 环境污染和生态破坏越来越严重, 给人类赖以生存的土壤带来了严重的污染, 很多地区已经由原来的单一污染发展到现在的复合污染, 复合污染的危害性较之单一污染更强。韩玉林等^[41]研究表明, Pb、NaCl 单一胁迫对黄菖蒲的伤害明显小于高浓度 Pb 和 NaCl 或高 NaCl 和 Pb 复合胁迫。在浓度 10 mmol/L Pb 和 100 mmol/L NaCl 复合胁迫下, 黄菖蒲地上部和地下部鲜重降幅分别达 35.6% 、 33.2% , 表明黄菖蒲对同等浓度 Pb、NaCl 单一胁迫的耐受性大于复合胁迫。

我国是耕地资源极其匮乏的国家, 这已成为制约农业可持续发展的重大障碍。近年来, 由于工业污染加剧、灌溉用水质量不断下降和化肥使用不当等原因, 我国的土壤盐碱化及重金属污染等问题仍在不断恶化, 现实的土壤污染环境特别是点源污染物周边的污染土壤往往是重金属、盐, 甚至有机物等多种污染源并存的土壤污染环境。从而使植物受到双重或多重胁迫, 从而使

农业生产造成了严重的损失。土壤污染具有隐蔽性、滞后性、累积性以及不可逆性,而粮食安全是人类正面临的前所未有的挑战,必须重视土壤盐碱化及重金属污染等问题。

参考文献

- [1] 赵惠明. 盐生植物盐角草的资源特点及开发利用[J]. 科技通报, 2004, 20(2): 167-171.
- [2] 赵可夫, 李法曾. 中国盐生植物[M]. 北京: 科学出版社, 1999.
- [3] 谢德意, 王惠萍, 王付欣, 等. 盐胁迫对棉花种子萌发及幼苗生长的影响[J]. 种子, 2000(3): 10-13.
- [4] 石德成, 殷立娟. Na_2CO_3 胁迫下羊草苗的胁迫反应及其数学分析[J]. 植物学报, 1992, 34(5): 386-393.
- [5] 杨世勇, 王方, 谢建春. 重金属对植物的毒害及植物的耐性机制[J]. 环境科学报, 2004, 5(1): 71-72.
- [6] 王慧忠, 郭庆凯. 重金属污染土壤的治理方法[J]. 环境科学报, 2001, 11(4): 25-26.
- [7] 秦天才, 吴玉树, 王焕校. 镉、铅及其相互作用对小白菜生理生化特性的影响[J]. 生态学报, 1994, 14(1): 46-49.
- [8] 吴燕玉, 余国营, 王新. Cd, Pb, Cu, Zn, As 复合污染对水稻的影响[J]. 农业环境保护, 1998, 17(2): 49-54.
- [9] 王素平, 郭世荣, 李璟, 等. 盐胁迫对黄瓜幼苗根系生长和水分利用的影响[J]. 应用生态学报, 2006, 17(10): 1883-1888.
- [10] 朱义, 谭贵娥, 何池全, 等. 盐胁迫对高羊茅(*Festuca arundinacea*)幼苗生长和离子分布的影响[J]. 生态学报, 2007, 20(12): 5447-5454.
- [11] 谈建康, 安树青. 钠盐胁迫对小麦叶片核酸损伤和多胺积累的影响[J]. 农业环境科学学报, 2004, 23(3): 428-431.
- [12] 费伟, 陈火英, 曹忠, 等. 盐胁迫对番茄幼苗生理特性的影响[J]. 上海交通大学学报, 2005, 23(1): 6-9.
- [13] 石德成, 殷丽娟. 盐(NaCl)与碱(Na_2CO_3)对星星草胁迫作用的差异[J]. 植物学报, 1993, 35(2): 144-149.
- [14] 颜宏, 赵伟, 盛艳敏, 等. 碱胁迫对羊草和向日葵的影响[J]. 应用生态学报, 2005, 16(8): 1497-1500.
- [15] 吴立全. 盐碱地改良模式现状与探索[J]. 吉林省教育学院学报, 2008, 2(24): 51-52.
- [16] 唐东民. 重金属胁迫对植物的毒害及其抗性机理研究进展[J]. 四川环境, 2008, 27(5): 79-83.
- [17] Shi D, Sheng Y. Effect of Various Salt & Alkaline Mixed Stress Conditions on Sunflower Seedlings and Analysis of Their Stress Factors[J]. Environment Experiment of Botany, 2005, 54: 8-21.
- [18] 孙涌栋, 谷永庆, 罗未蓉, 等. 黄瓜幼苗根系对 Na_2CO_3 胁迫的适应机制研究[J]. 西南大学学报, 2008, 30(8): 91-95.
- [19] 张义贤. 重金属对大麦毒性的研究[J]. 环境科学学报, 1997, 17(2): 199-205.
- [20] 江海东, 周琴, 李娜, 等. Cd 对油菜幼苗生长发育及生理特性的影响

[J]. 中国油料作物学报, 2006, 28(1): 9-43.

- [21] Giesl Inskig, Neilsen G H, Hogue E J. Effect of soil cadmium application and pH on growth and cadmium accumulation in roots leaves and fruit of strawberry plants[J]. Plant and Soil, 1996, 180: 267-276.
- [22] 吴甘霖. 镉对花生幼苗生长及生理生态特性的影响[J]. 生物学杂志, 2008, 25(5): 31-34.
- [23] 李德明, 张秀娟, 李改华, 等. 几种重金属离子对高羊茅种子萌发及生理活性的响应[J]. 草业科学, 2008, 25(6): 98-102.
- [24] 刘玲, 杨双春, 张洪林. Hg^{2+} 胁迫下玉米生理生态变化的研究[J]. 生态环境, 2004, 13(2): 161-163.
- [25] 马成仓, 洪法水. 汞对小麦种子萌发和幼苗生长作用机制初探[J]. 植物生态学报, 1998, 22(4): 373-378.
- [26] Watanabe M A. Phytoremediation on the Brink of Commercialization[J]. Environmental Science and Technology, 1997, 31: 182-186.
- [27] 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(6): 73-75.
- [28] 刘素纯, 萧浪涛, 廖柏寒, 等. 铅胁迫对黄瓜幼苗内源激素积累动态的影响[J]. 湖南农业大学学报(自然科学版), 2005, 31(5): 510-513.
- [29] 刘文彰, 孙典兰. 铜对黄瓜幼苗生长及过氧化氢酶和吡咯乙酸氧化酶活性的影响[J]. 植物生理学通讯, 1985(3): 22-24.
- [30] 刘春生, 史衍玺, 马丽等. 过量铜对苹果树生长及代谢的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2000, 6(4): 451-456.
- [31] 黄细花, 赵振纪, 刘永厚, 等. 铜对紫云英生长发育影响的研究[J]. 农业环境保护, 1993, 12(1): 1-6.
- [32] 陈庆华, 王永, 陈庆丰. 铬对黄瓜种子萌发及早期生长发育的影响[J]. 广东农业科学, 2009(8): 75-77.
- [33] 任安芝, 高玉葆. 铅、镉、铬单一和复合污染对青菜种子萌发的生物学效应[J]. 生态学杂志, 2000, 19(1): 19-22.
- [34] 徐卫红, 熊治庭, 王宏信, 等. 锌胁迫对重金属富集植物黑麦草养分吸收和锌积累的影响[J]. 水土保持学报, 2005, 19(4): 32-33.
- [35] Carbone I A A, Aarabi M A, Delaune R D et al. Arsenic in wetland vegetation: availability, phytotoxicity, up take and effects on plant growth and nutrition[J]. The Science of the Total Environment, 1998, 217: 189-199.
- [36] 夏立江, 华路, 韦东普. 部分地区蔬菜的含砷量[J]. 土壤, 1996(2): 105-110.
- [37] 刘全吉, 孙学成, 胡承孝, 等. 砷对小麦生长和光合作用特性的影响[J]. 生态学报, 2009, 29(2): 854-859.
- [38] 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: 1-14.
- [39] Frankenberger W T, Engberg R A. Environmental Chemistry of Selenium[C]. Marcel Dekker: New York, 1998: 633-656.
- [40] 张秋芳. 泥炭、猪粪对红壤和潮土中铜、镉形态及其生物有效性的影响研究[D]. 福州: 福建农业大学, 2000.
- [41] 韩玉林, 黄苏珍. 铅与盐胁迫对黄菖蒲生长及生理抗性的影响[J]. 安徽农业科学, 2008, 36(34): 14860-14861, 14875.

Effects of Salinization and Heavy Metals Stress on Plant Growth and Development

LI Wen-yu, LI De-ming

(College of Horticulture and Gardening, Yangtze University, Jingzhou, Hubei 434025)

Abstract: It would be harmful to plant if saline-alkali or heavy metals were over accumulated. According to the present domestic and international research results, this paper summarized the effects of saline-alkali (such as NaCl , Na_2CO_3 , and so on) or heavy metals (such as Cd, Hg, Pb, Cu, Cr, Zn, As, et al) stress on plant growth and development. At same time, the means about reduction or elimination of saline-alkali or heavy metals damages were discussed.

Key words: salt-Alkali; heavy Metals; stress; plant; growth and development