

缺镁胁迫对草莓苗生理特性的影响

王纪忠, 潘国庆, 周青, 蒋婷婷, 吴娟

(淮阴工学院 生命科学与化学工程学院, 江苏 淮安 223003)

摘要:以‘红颜’草莓为试材,采用水培法,研究了缺镁对草莓苗形态及生理特性的影响。结果表明:随着缺镁症状加重,草莓苗的株高、根长、叶面积和单株重量降低;相对电导率和MDA含量增加,叶绿素含量、SOD和POD活性减低;还原糖含量增加,而蔗糖的含量降低,但可溶性总糖含量增加。说明缺镁导致生物量降低,酶活性减弱,引起细胞膜伤害,降低活性氧清除能力。

关键词:草莓;缺镁;胁迫;生理特性

中图分类号:S 668.4 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2013)01-0008-03

草莓在生长发育过程中,需要吸收多种营养元素。通常把因缺乏某种营养元素而引起的生理病害称为缺素症或缺素障碍。草莓缺素症是一种生理性病害,常见的有缺氮、缺磷、缺钾、缺镁、缺钙、缺铁、缺铜等。准确地掌握生理病害的发生和防治,对于提高草莓产量和商品质量及其种植经济效益具有重要的意义^[1-3]。

镁作为植物生长发育的必需元素之一,对草莓幼苗的形态发育与生理生化有着重要影响。近年来,草莓以其优良的营养价值和市场需求不断上升的特性,受到越来越多消费者和种植户的青睐^[4],但在许多栽培地区,由于科学施肥、平衡施肥的意识较差,影响了草莓的品质和产量,降低了经济效益。有关缺镁对草莓生长发育影响的研究主要集中在田间缺素症状的描述与防治^[5-6],而由于田间栽培影响因素较多,不能从生理生化角度准确测定缺镁对草莓生理特性有何影响,鉴于此,为了更好地探究草莓生长期缺镁对其生长发育的影响,该研究采用水培方式,测定缺镁条件下草莓叶片形态特征、糖代谢、膜脂过氧化及保护酶活性等生理生化指标的变化规律,以期研究草莓缺镁胁迫及对镁胁迫的反应机理提供参考。

1 材料与方法

1.1 试验材料

以‘红颜’草莓(*Fragaria ananassa* ‘Hongyan’)苗为试验材料,采用水培法进行培养。标准营养液采用改良的Hoagland营养液配方^[7]。营养液配方:6.0 mmol/L KNO₃, 4.0 mmol/L Ca(NO₃)₂, 2.0 mmol/L NH₄H₂PO₄, 4.0 mmol/L MgSO₄, 50 μmol/L KCl, 10 μmol/L

H₃BO₃, 2 μmol/L MnSO₄, 2 μmol/L ZnSO₄, 0.5 μmol/L CuSO₄, 0.065 μmol/L (NH₄)₆Mo₇O₂₄, 40 μmol/L Fe-EDTA。

1.2 试验方法

以标准营养液中的镁浓度作为对照(4 mmol/L),设0、0.2、0.4、0.8 mmol/L 4个缺镁浓度处理。培养于深色塑料箱中,光照强度400~500 μmol·m⁻²·s⁻¹,昼夜温度30℃/22℃(16 h/8h),相对空气湿度80%~90%。每7 d换1次营养液,调pH为6.50±0.10。待出现缺镁症状时取样进行测定。

1.3 项目测定

叶绿素含量测定参照 Lichtenthaler 等^[8]的方法;相对电导率、MDA含量的测定参考 Heath 等^[9]和 Fu 等^[10]的方法;蔗糖和还原性糖含量采用砷钼比色法测定^[11];SOD活性和POD活性的测定参照 Chen 等^[12]和 Gianopolitis 等^[13]的方法。

1.4 数据分析

试验数据和图表处理及显著性检验采用 Excel 2003 和 SPSS 16.0 统计软件进行。

2 结果与分析

2.1 缺镁对草莓幼苗形态指标的影响

植物缺镁时会出现叶片叶脉失绿,老叶黄化等状况,影响植株的正常生长发育。由表1可知,缺镁条件下,草莓苗的株高、根长、叶面积和鲜重都低于对照(4.0 mmol/L),缺镁程度越严重,影响越明显。

2.2 缺镁对草莓叶片叶绿素含量的影响

由图1可知,随镁浓度的下降,草莓叶片叶绿素含量也在不断减少,与对照相比,完全缺镁(0 mmol/L)时的草莓叶片叶绿素含量最低,低镁胁迫条件下的草莓叶片叶绿素含量高于缺镁条件下草莓叶片叶绿素含量,不同镁浓度处理之间草莓叶绿素含量差异显著。

第一作者简介:王纪忠(1976-),男,在读博士,讲师,研究方向为果树栽培生理生化。E-mail: wjztry@126.com.

基金项目:淮安市农业科技支撑计划资助项目(SN1119)。

收稿日期:2012-09-17

表 1 缺镁胁迫对草莓苗形态指标的影响

Table 1 The effect of magnesium deficiency on the form of strawberry seedling

| 镁处理浓度 Concentration of Mg/mm $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ | 株高 Plant height /cm | 根长 Root length /cm | 叶面积 Leaf area /cm 2 | 鲜重 Fresh weight /g \cdot 株 $^{-1}$ |
|---|---------------------------|--------------------------|------------------------------|--|
| 4(CK) | 18.7a | 14.8a | 41.76a | 20.2a |
| 0.8 | 16.2a | 13.7a | 38.54ab | 17.8b |
| 0.4 | 15.9ab | 13.5a | 35.55b | 16.5b |
| 0.2 | 14.7b | 12.2ab | 32.34b | 15.2b |
| 0 | 12.1c | 11.9b | 27.69c | 10.4c |

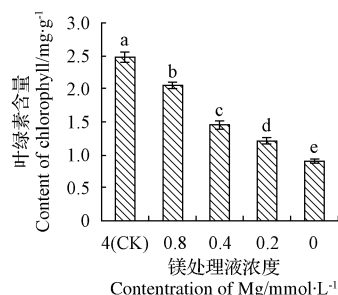


图 1 缺镁胁迫对草莓叶片叶绿素含量的影响

Fig. 1 The effect of magnesium deficiency on the chlorophyll of strawberry

2.3 缺镁对草莓苗叶片糖代谢的影响

表 2 表明,缺镁胁迫引起草莓叶片还原糖含量显著上升,且处理液中镁浓度越低,还原糖含量越高,0 浓度处理还原糖含量比对照处理还原糖含量增加 154.86%,2 个处理间还原糖差异达显著水平。

蔗糖是植物体内的非还原性糖。由表 2 还可知,随处理液中镁浓度的降低,蔗糖含量呈降低的趋势。缺镁胁迫引起草莓叶片还原糖含量的上升,蔗糖含量的下降,从而导致还原糖/蔗糖比值上升。

进一步分析蔗糖和还原糖的变化动态发现,在缺镁胁迫条件下,草莓叶片还原糖含量上升的速度均明显高于蔗糖的下降速度,因而草莓叶片可溶性糖(还原糖+蔗糖)含量上升,且不同处理间差异显著。

表 2 缺镁胁迫对草莓叶片蔗糖和还原性糖含量的影响

Table 2 The effect of magnesium deficiency on the contents of sucrose and reducing sugar of strawberry leaf

| 镁处理浓度 Concentration of Mg/mm $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ | 还原糖 Reducing sugar | 蔗糖 Sucrose | 还原糖/蔗糖 Reducing sugar /Sucrose | 还原糖+蔗糖 Reducing sugar +Sucrose |
|---|--------------------------|---------------|--------------------------------------|--------------------------------------|
| 4(CK) | 19.14d | 23.10a | 0.83 | 41.24d |
| 0.8 | 24.49c | 22.82a | 1.07 | 47.31c |
| 0.4 | 29.56b | 21.45ab | 1.38 | 51.01bc |
| 0.2 | 33.66b | 19.13b | 1.76 | 52.79b |
| 0 | 48.78a | 11.84c | 4.12 | 60.62a |

2.4 缺镁对草莓苗叶片 MDA 含量和相对电导率的影响

丙二醛(MDA)是膜脂过氧化的主要产物,其在植物

体内含量的高低代表了膜脂过氧化水平的高低。图 2 表明,草莓叶片 MDA 含量随处理浓度的降低而升高,处理浓度越低,MDA 含量增加的幅度越大,0.8、0.4、0.2、0 mmol/L 处理叶片 MDA 含量分别比对照高 32.50%、90.0%、125.10%和 185.52%,且浓度低于 0.8 mmol/L 时 MDA 含量与对照差异达显著水平。

由图 2 还可知,缺镁胁迫时相对电导率变化规律与 MDA 含量变化规律相似,即随处理浓度的降低而升高,0.8、0.4、0.2、0 mmol/L 处理叶片相对电导率分别比对照高 4.41%、29.41%、58.82%和 91.18%,浓度低于 0.8 mmol/L 时相对电导率与对照差异达显著水平。表明缺镁胁迫加剧了膜脂过氧化的程度,从而导致细胞膜伤害加重。

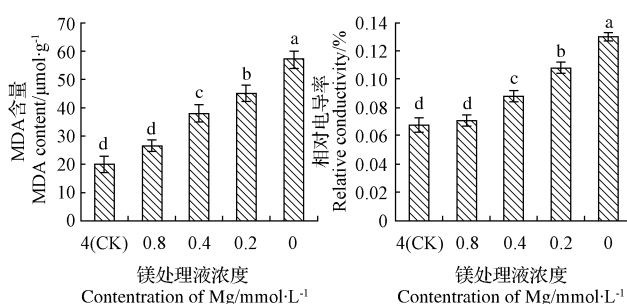


图 2 缺镁胁迫对草莓叶片 MDA 和相对电导率的影响

Fig. 2 The effect of magnesium deficiency on the contents of MDA and relative conductance of strawberry leaf

2.5 缺镁对草莓苗叶片 SOD 活性和 POD 活性的影响

由图 3 可知,随镁处理浓度的降低,草莓叶片中无论是 SOD 酶活性还是 POD 酶活性皆呈下降趋势。与对照相比,0.8、0.4、0.2 和 0 mmol/L 处理中,SOD 活性分别降低 32.82%、47.33%、63.36%和 69.47%,而 POD 活性分别降低 22.97%、40.54%、61.15%和 83.34%,表明缺镁胁迫程度越重,2 种保护酶的活性越低。

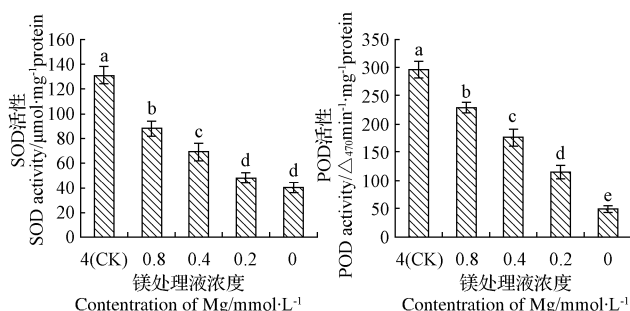


图 3 缺镁胁迫对草莓叶片 SOD 和 POD 酶活性的影响

Fig. 3 The effect of magnesium deficiency on the activity of SOD and POD of strawberry leaf

3 讨论与结论

植物缺镁最明显的症状就是缺镁失绿症,镁是可移动元素,植物缺镁时症状首先老叶中表现^[14]。李延

等^[15]研究发现,缺镁导致生物量下降,明显抑制植株的生长。该研究结果亦表明,缺镁导致草莓叶片黄化,制约了草莓苗生物量的增加。缺镁影响叶绿素的合成已被许多试验所证实,但其机制仍不清楚,一般认为,缺镁叶绿素含量降低是由于作为叶绿素组成成分的镁的含量不足导致叶绿素的生物合成受阻。也有一些研究表明^[16-17],缺镁叶绿素含量降低与活性氧的伤害有关。缺镁胁迫条件下,可溶性糖(蔗糖+还原糖)含量显著增加,由于缺镁会引起叶片光合作用降低,光合色素含量降低,因此,可以认为草莓叶片可溶性糖含量的增加不是光合作用增强的结果,而是遭受水分胁迫时的一种生理反应。陈立松等^[18]研究表明水分胁迫下荔枝叶片中还原糖/蔗糖值的升高与转化酶活性/淀粉酶活性值的上升有关,而草莓叶片是否与此有关还需进一步研究。

MDA 含量是反映膜脂过氧化强弱的重要指标,缺镁胁迫下,草莓叶片 MDA 显著提高,膜脂过氧化加剧,破坏了叶片质膜的完整性,从而导致叶片相对电导率增加,这与李延等^[19]在龙眼上的研究结果相一致。SOD 和 POD 是生物细胞内清除活性氧的抗氧化酶,在植物受到胁迫时,对保持体内代谢平衡起着重要的作用。在逆境胁迫时 SOD、POD 活性减弱,对活性氧的清除的能力下降,逐渐失去维持活性氧代谢平衡的能力^[20-22],从该试验结果亦可以看出,随着缺镁程度的加重,草莓叶片中 SOD、POD 活性均呈现下降的趋势,活性氧清除能力降低,从而导致叶片内活性氧浓度增加,影响草莓的正常生长。

参考文献

- [1] 陈继侠,任艳华. 植物缺氮、磷、钾元素症状及防治技术[J]. 中国农村小康科技,2008(9):51-52.
- [2] 翟长庚,胡玉香,岳振国. 草莓缺素症成因及防治措施[J]. 北方园艺,2003(3):69.
- [3] 汪洪,褚天铎. 植物镁素营养诊断及镁肥施用[J]. 土壤肥料,2000(4):4-8.
- [4] 王玉. 草莓缺素障碍及其防止措施[J]. 技术与市场,2008(2):34.
- [5] 成玉波,包成友,成玉福. 草莓缺素症及其防治方法[J]. 现代农业科

技,2007(3):34.

- [6] 王玉珍. 草莓几种缺素症及其防治措施[J]. 现代园艺,2009(10):62.
- [7] Han S, Tang N, Jiang H X, et al. CO₂ assimilation, photosystem II photochemistry, carbohydrate metabolism and antioxidant system of citrus leaves in response to boron stress [J]. Plant Science,2009,176:143-153.
- [8] Lichtenthaler H K. Chlorophylls and carotenoids: pigments of photosynthetic biomembranes[J]. Methods Enzymol,1987,148:350-382.
- [9] Heath R L, Packer L. Photoperoxidation in isolated chloroplasts: I. Kinetics and stoichiometry of fatty acid peroxidation[J]. Archives of Biochemistry and Biophysics,1968,125:189-198.
- [10] Fu J, Huang B. Involvement of antioxidants and lipid peroxidation in the adaptation of two cool-season grasses to localized drought stress [J]. Environmental and Experimental Botany,2001,45:105-114.
- [11] 薛应龙. 植物生理学实验[M]. 北京:高等教育出版社,1985:113-115.
- [12] Chen L S, Cheng L. Both xanthophyll cycle-dependent thermal dissipation and the antioxidant system are up-regulated in grape (*Vitis labrusca* L. cv. Concord) leaves in response to N limitation [J]. J Exp Bot,2003,54:2165-2175.
- [13] Giannopolitis C N, Rice S K. Superoxide dismutase: occurrence in higher plants[J]. Plant Physiol,1977,59:309-314.
- [14] 邱榕生, 冯于明. 镁的营养作用研究进展[J]. 动物营养学报,2004,16(2):5-11.
- [15] 李延,秦遂初. 缺镁对水稻生理代谢的影响及诊断指标研究[J]. 浙江农业大学学报,1995,21(3):279-283.
- [16] 李延,刘星辉,庄卫民. 缺镁对龙眼光合产物生产和分配的影响[J]. 核农学报,2001,15(3):157-162.
- [17] Marschner H, Cakmak I. High light intensity enhances chlorosis and necrosis in leaves of zinc, potassium and magnesium deficient bean (*Phaseolus vulgaris*) plants[J]. J Plant Physiol,1989,134:308-315.
- [18] 陈立松,刘星辉. 水分胁迫对荔枝叶片糖代谢的影响及其与抗旱性的关系[J]. 热带作物学报,1999,20(2):31-36.
- [19] 李延,刘星辉,庄卫民. 缺镁对龙眼叶组织活性氧代谢及膜系统的影响[J]. 热带作物学报,2000,21(4):39-44.
- [20] 章秀福,王丹英,储开富,等. 镉胁迫下水稻 SOD 活性和 MDA 含量的变化及其基因型差异[J]. 中国水稻科学,2006,20(2):194-198.
- [21] 潘晓华,刘水英,李锋,等. 低磷胁迫对不同水稻品种叶片膜脂过氧化及保护酶活性的影响[J]. 中国水稻科学,2003,17(1):57-60.
- [22] 李延,刘星辉. 缺镁胁迫对龙眼叶片衰老的影响[J]. 应用生态学报,2002,3(13):311-314.

Effect of Magnesium Deficiency on Physiological Characteristics of Strawberry

WANG Ji-zhong, PAN Guo-qing, ZHOU Qing, JIANG Ting-ting, WU Juan

(College of Life Sciences and Engineering, Huaiyin Institute of Technology, Huai'an, Jiangsu 223003)

Abstract: Seedlings of the 'Hongyan' cultivar of strawberry were used as materials, the effects of magnesium deficiency on physiological characteristics were studied by hydroponically test. The results showed that magnesium deficiency reduced the height of seedling, the length of root, the area of leaf and weight of strawberry; the relative conductance and the contents of MDA were increased, the content of chlorophyll, the activity of SOD and POD were decreased. The contents of reducing sugar was increased while the sucrose was decreased, but the total soluble sugar was increased. Magnesium deficiency stress could therefore decline the quantum of life-form of strawberry, and decline the activity of enzyme, induced the damage of cell membrane, as well as lowered the capacity of ROS scavenging system.

Key words: strawberry; magnesium deficiency; stress; physiological characteristics