

低温和镁胁迫对黄瓜幼苗生长和生理特性的影响

谢小玉 张 喆

(西南大学农学与生物科技学院, 南方山地农业教育部工程研究中心, 重庆 400716)

摘 要: 利用人工气候箱, 采用珍珠岩培养, 研究不同温度下镁对黄瓜幼苗生长、碳氮代谢和活性氧清除系统的影响。结果表明, 低温下, 镁胁迫降低了黄瓜的总叶片数、叶面积、根长、全株干质量和壮苗指数, 增大了根冠比。适温下, 镁胁迫使黄瓜叶片可溶性蛋白、还原糖和可溶性总糖含量、硝酸还原酶活性下降, 根系活力提高; 低温下, 各处理硝酸还原酶活性、根系活力、可溶性总糖含量较对照降低, 还原糖含量较对照升高, 多镁和适镁使可溶性蛋白的含量较对照降低, 缺镁则使其含量较对照提高。多镁和缺镁均导致黄瓜幼苗叶片 MDA、 H_2O_2 含量及 $O_2^{\cdot-}$ 产生速率升高, 缺镁升幅大于多镁。低温缺镁对植株的伤害最大, 可能与活性氧的增加有关。适温下, 镁胁迫使 POD、SOD 活性升高, 其中 POD 活性升高幅度最大, 而 CAT 活性降低; 适温下植株可能主要通过提高 POD 活性来抵御镁胁迫。

关键词: 黄瓜; 镁; 温度; 生长; 代谢

中图分类号: S642.2 文献标识码: A 文章编号: 1000-6346 (2012) 22-0054-05

Effects of Low Temperature and Magnesium Stress on Growth and Physiological Characteristics of Cucumber Seedlings

XIE Xiao-yu, ZHANG Zhe

(College of Agronomy and Bio-technology, Southwest University, Engineering Research Center of South Upland Agriculture, Ministry of Education, Chongqing 400716, China)

Abstract: In order to study the mechanism of magnesium nutrition in cucumber (*Cucumis sativus* L.), the effects of magnesium and low temperature stress on growth, carbon nitrogen metabolism and active oxygen scavenging enzymes system were explored in cucumber seedlings grown in artificial climate chamber. The experimental results indicated that the total leaves, leaf area, root length, total dry weight and health index of cucumber seedling were decreased, and root/shoot ratio was increased under low temperature and magnesium stress. The contents of soluble protein, reducing sugar and soluble total sugar, the activity of nitrate reductase were decreased, while root activity was increased under suitable temperature and magnesium stress. The activity of nitrate reductase, root activity and the content of soluble total sugar were decreased under low temperature, while the content of reducing sugar was increased. The content of soluble protein was decreased under excessive Mg stress or suitable Mg, and it was increased under deficient Mg. MDA, H_2O_2 contents and $O_2^{\cdot-}$ concentration were increased under Mg stress, and the effects were more remarkable under deficient Mg stress than excessive Mg stress. Low

收稿日期: 2012-04-24; 接受日期: 2012-05-27

基金项目: 中央高校基本科研业务费专项资金 (XDJK2009B020), 重庆市自然科学基金项目 (CSTC2007BB1234)

作者简介: 谢小玉, 女, 副教授, 博士研究生, 主要从事设施蔬菜栽培方面的教学与研究工作, E-mail: xiexy8009@163.com

《中国蔬菜》学术论文下载 www.cnveq.or

temperature and Mg deficiency would bring the greatest harm to plant. This is mainly related to the increase of active oxygen. Under suitable temperature, Mg stress hoisted POD and SOD activities in plants, of which POD activity had the biggest rising extent, while CAT activity was decreased. And plant mainly resist Mg stress by increasing POD activity.

Key words: Cucumber; Magnesium; Temperature; Growth; Metabolism

镁是植物的第四大必需元素, 缺镁导致作物产量、品质和经济效益大幅度降低(丁玉川等, 2008)。近年来, 很多研究从不同角度探讨了镁胁迫对作物的影响。研究表明, 增施镁肥可明显提高大白菜的产量, 改善大白菜品质(韩冬芳等, 2010)。在低镁浓度条件下, 水稻总根长和根冠比增加(丁玉川等, 2009)。镁缺乏和镁过量胁迫显著降低了橘橙幼苗的株高、根长、根系活力、叶绿素含量及各部位干样质量, 但显著提高了相对电导率与MDA含量, 无镁处理还显著降低了SOD与CAT活性(申燕等, 2011)。缺镁胁迫下黄瓜光合作用主要受非气孔限制, 而多镁胁迫下气孔因素和非气孔因素二者兼具(谢小玉等, 2009)。

研究表明, 根际镁离子浓度和温度是影响温室黄瓜镁吸收的最主要的两个因素(谢小玉等, 2007)。但是目前温度和镁二因素胁迫对作物影响的研究还不多见。为探讨根际镁离子浓度和温度对黄瓜幼苗生长、碳氮代谢及活性氧清除系统的影响, 本试验在人工气候室内采用珍珠岩育苗, 研究了不同镁离子浓度和温度的影响, 以期探讨低温下黄瓜的镁营养机理, 为冬季温室管理提供技术支持和理论依据。

1 材料与amp;方法

1.1 试验材料与amp;试验设计

试验于2006年4~12月在西南大学农业部作物品质改良重点实验室进行, 黄瓜(*Cucumis sativus* L.)品种为津优1号。

试验为二因素裂区设计。硫酸镁($MgSO_4$)浓度设适镁($2.5\text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$)、多镁($5.0\text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$)和缺镁($0\text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$)3个水平, 分别用A1、A2、A3表示, 营养液中 SO_4^{2-} 浓度用 Na_2SO_4 调节一致。温度设适温($25\text{ }^\circ\text{C}/15\text{ }^\circ\text{C}$)和低温($15\text{ }^\circ\text{C}/12\text{ }^\circ\text{C}$)2个水平, 分别用B1、B2表示。营养液中其他元素及肥料用量 $Ca(NO_3)_2\ 94.63\text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ 、 $KNO_3\ 70.8\text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ 、 $NH_4H_2PO_4\ 6\text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ 、螯合铁 $1.84\text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ 、 $MnSO_4\cdot H_2O\ 1.5\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 、 $HBO_3\ 3\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 、 $ZnSO_4\cdot 7H_2O\ 0.15\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 、 $CuSO_4\ 0.03\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 、 $Na_2MoO_4\cdot 2H_2O\ 0.015\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 。

挑选匀称的黄瓜种子, 用10% H_2O_2 消毒30 min, 然后用蒸馏水反复冲洗干净, 放在 $25\text{ }^\circ\text{C}$ 的恒温箱内催芽48 h, 选露白一致的种子播入装有珍珠岩(pH 6.3、水气比1:1.04、容重 $120\text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ 、大孔隙29.5%、小孔隙30.75%、总孔隙度60.3%, 使用前用等体积的蒸馏水浸泡2次, 每次24 h)的育苗钵中, 钵高10 cm, 直径10 cm, 每钵播2粒。播种后第3天开始浇1/2全营养液。子叶展开后间苗, 每钵保留健壮的生长一致的1株苗, 开始进行不同处理, 每处理30株, 每2 d浇1次营养液, 缺镁处理的植株叶片出现缺镁症状时(五叶期)取样测定。

1.2 测定项目和amp;方法

各处理随机选8株测定株高(子叶下至生长点)、茎粗(子叶下)、总叶片数、第3片叶叶面积, 用自来水冲洗掉珍珠岩测最大根长、地上部和地下部的鲜质量和干质量等。并计算壮苗指数(壮苗指数=茎粗/株高 \times 地上部干质量)及根冠比。

取第2~4片叶混合, 测定各项生理指标。硝酸还原酶(NR)活性按朱广廉等(1990)的方法测定, 可溶性蛋白采用考马斯亮蓝比色法、根系活力采用TTC法、可溶性糖采用蒽酮比色

法、还原糖采用 3,5-二硝基水杨酸法、丙二醛 (MDA) 含量采用硫代巴比妥酸法、超氧化物歧化酶 (SOD) 活性采用抑制 NBT 光还原比色法、过氧化物酶 (POD) 活性采用愈创木酚比色法测定 (高俊凤, 2006), 超氧自由基 ($O_2^{\cdot-}$) 产生速率采用王爱国和罗广华 (1990) 的方法测定, 过氧化氢 (H_2O_2) 含量采用林植芳等 (1988) 的方法测定, 过氧化氢酶 (CAT) 活性采用紫外吸收法测定 (陈贻竹和帕特森, 1988)。

1.3 数据分析

采用 Excel2003 软件对原始数据进行整理, SPSS17.0 软件对数据进行统计分析, 以 Duncan's 新复极差法进行多重比较。

2 结果与分析

2.1 不同温度及镁胁迫对黄瓜幼苗生长的影响

由表 1 可知, 同一温度下缺镁胁迫叶面积、根长、全株干质量降低, 尤其低温缺镁胁迫 (B_2A_3) 下叶面积、根长、全株干质量分别较对照降低 23.20%、14.07%和 48.51%。低温下, 总叶片数、叶面积、根长、全株干质量都较适温下低。同一温度下, 多镁胁迫以上各项指标下降幅度均小于缺镁胁迫。

表 1 不同温度下镁对黄瓜幼苗生长的影响

处理	总叶片数	叶面积/cm ²	根长/cm	全株干质量/g	根冠比	壮苗指数	
B1	A1 (CK)	4.45 ± 0.041 aA	54.87 ± 1.43 aA	21.82 ± 2.51 aAB	1.509 ± 0.133 aA	0.043 ± 0.001 2 dC	53.15 ± 2.13 aA
	A2	4.30 ± 0.025 aA	54.87 ± 2.36 aA	22.43 ± 1.21 aA	1.489 ± 0.098 aA	0.047 ± 0.002 1 cC	40.90 ± 0.96 cB
	A3	4.42 ± 0.347 aA	45.93 ± 2.97 bcBC	21.38 ± 1.21 aAB	1.300 ± 0.079 bB	0.045 ± 0.003 3 dC	34.26 ± 1.45 dC
B2	A1	3.47 ± 0.314 bB	48.53 ± 2.35 bB	21.60 ± 1.91 aAB	1.207 ± 0.061 cC	0.051 ± 0.001 9 cB	47.56 ± 1.87 bB
	A2	3.25 ± 0.158 bB	47.51 ± 2.66 bBC	21.42 ± 1.08 aAB	1.202 ± 0.034 cC	0.058 ± 0.003 2 bB	45.86 ± 3.58 bB
	A3	3.45 ± 0.041 bB	42.14 ± 1.73 cC	18.75 ± 1.70 bB	0.777 ± 0.016 dD	0.062 ± 0.001 6 aA	31.28 ± 1.26 dD

注: 表中同列数据后不同小写字母表示差异显著 ($\alpha=0.05$), 不同大写字母表示差异极显著 ($\alpha=0.01$); 下表同。

根冠比在镁胁迫下增加, 尤其在低温缺镁胁迫 (B_2A_3) 下增加幅度最大, 较对照增加 44.19%, 表明镁胁迫和低温使根系干质量增加, 地上部干质量减少, 从而对植株干物质的分配产生影响。不论温度如何, 镁胁迫都极显著降低了黄瓜幼苗的壮苗指数, 其中缺镁比多镁降低幅度更大, 尤其低温缺镁胁迫 (B_2A_3) 下, 壮苗指数仅为对照的 58.85% (表 1)。镁胁迫总体上降低了黄瓜的壮苗指数, 限制了壮苗的培育, 低温加剧了限制作用。

2.2 不同温度及镁胁迫对黄瓜幼苗碳氮代谢和根系活力的影响

表 2 表明, 适温下, 多镁 (B_1A_2) 和缺镁 (B_1A_3) 胁迫使可溶性蛋白含量比对照分别下降 17.22%和 8.96%, 使 NR 活性分别降低了 30.44%和 39.72%。低温下, 多镁胁迫 (B_2A_2) 使可溶性蛋白含量比对照降低 12.46%, 而缺镁胁迫 (B_2A_3) 使其提高了 18.69%, NR 活性降低幅度多镁 > 适温 > 缺镁。适温下, 多镁和缺镁胁迫使黄瓜幼苗叶片的还原糖含量比对照分别降低了

表 2 不同温度下镁对黄瓜幼苗碳氮代谢和根系活力的影响

处理	可溶性蛋白		NR	还原糖	可溶性总糖	根系活力
	mg · g ⁻¹ (FW)		mg · g ⁻¹ · h ⁻¹ (FW)	%	%	μg · g ⁻¹ · h ⁻¹ (FW)
B1	A1 (CK)	13.768 ± 0.139 bB	120.420 ± 3.603 aA	0.571 ± 0.045 aA	1.622 ± 0.033 aA	19.560 ± 0.402 bB
	A2	11.397 ± 0.696 cB	83.759 ± 0.757 bB	0.433 ± 0.035 bB	1.052 ± 0.043 bB	19.941 ± 0.182 bB
	A3	12.534 ± 0.313 bB	72.584 ± 3.193 cC	0.551 ± 0.018 aA	1.541 ± 0.068 aA	22.407 ± 0.114 aA
B2	A1	12.926 ± 0.122 bB	34.313 ± 1.823 bB	0.641 ± 0.044 aA	1.494 ± 0.027 aA	17.587 ± 0.441 cB
	A2	12.052 ± 0.502 cB	28.592 ± 0.237 cB	0.689 ± 0.016 aA	1.514 ± 0.055 aA	18.933 ± 0.537 aA
	A3	16.341 ± 0.219 aA	66.308 ± 0.296 aA	0.656 ± 0.037 aA	1.602 ± 0.076 aA	18.240 ± 0.122 bAB

24.17%和 3.50%，使可溶性总糖含量分别降低了 35.14%和 4.99%。低温下，适镁、多镁和缺镁处理的还原糖含量分别较对照提高了 12.26%、20.67%、14.89%，而可溶性总糖的含量分别较对照降低了 7.89%、7.13%、1.23%。适温下，镁胁迫提高了根系活力，多镁和缺镁处理分别比对照提高了 1.95%、14.56%；低温下，不论根际镁离子浓度如何，黄瓜幼苗的根系活力都下降。

2.3 不同温度及镁胁迫对黄瓜幼苗活性氧产生和保护酶活性的影响

图 1 表明，适温下，镁胁迫使 MDA、H₂O₂ 含量和 O₂⁻ 产生速率均较对照升高，且差异达极显著水平；低温下 MDA、H₂O₂ 含量与 O₂⁻ 产生速率也较对照极显著升高，升高幅度分别为 73.83%~82.36%、25.68%~53.92%和 37.61%~55.84%，低温缺镁条件下升幅最大。

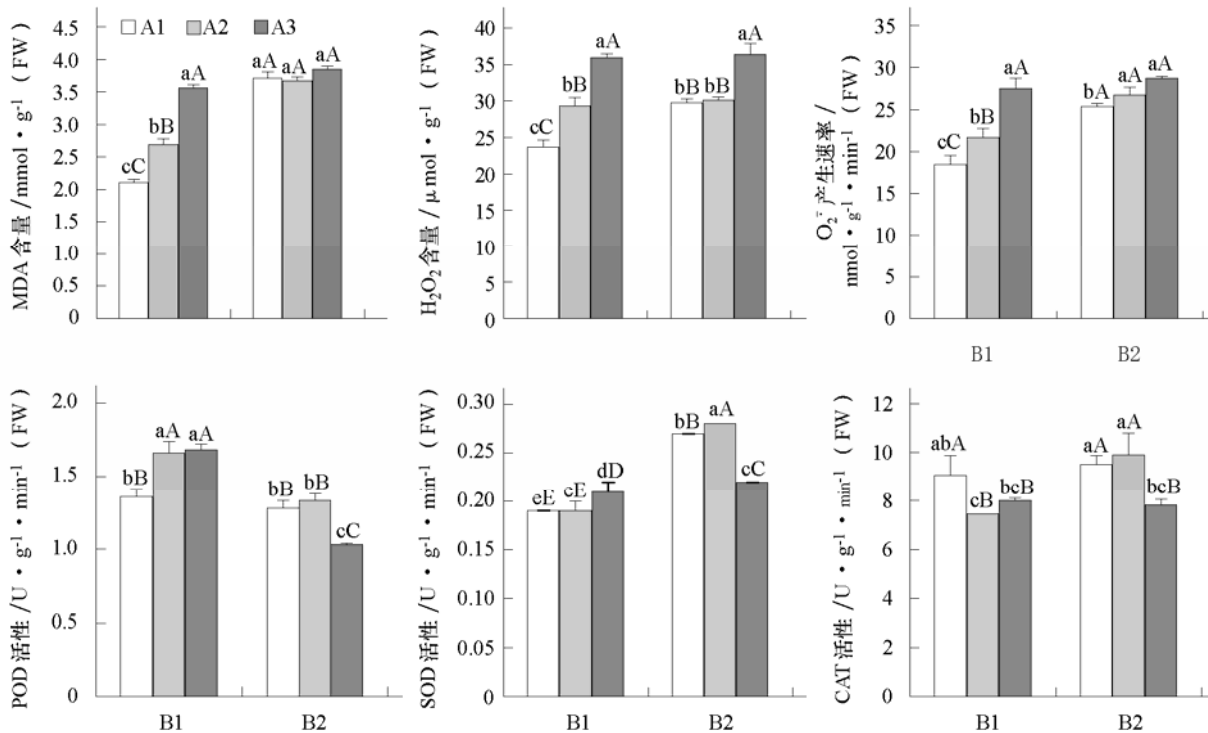


图 1 不同温度下镁胁迫对黄瓜幼苗叶片 MDA 含量、H₂O₂ 含量和 O₂⁻ 产生速率及 POD、SOD、CAT 活性的影响
图柱上不同小写字母表示差异显著 ($\alpha=0.05$), 不同大写字母表示差异极显著 ($\alpha=0.01$)。

适温下，镁胁迫使 POD 和 SOD 活性增加，最大增幅分别为 23.53%和 10.53%，使 CAT 活性下降，多镁和缺镁胁迫较对照分别下降 17.68%和 11.49%；低温下，POD、SOD 和 CAT 的活性均为多镁>适镁>缺镁，POD 活性较对照下降 2.21%~24.26%，SOD 活性较对照升高 15.79%~47.37%，而 CAT 活性在适镁和多镁下较对照升高 4.97%和 9.39%，缺镁胁迫较对照下降 13.48% (图 1)。

3 结论与讨论

壮苗指数和根冠比是衡量幼苗健壮程度的最重要的指标，尤其壮苗指数是衡量幼苗素质高低的综合指标之一 (邵国庆 等, 2009; 司东霞 等, 2009)。本试验结果表明，根冠比在镁胁迫和低温下增加，壮苗指数降低，尤其缺镁比多镁处理使壮苗指数的降低幅度更大，其主要原因可能是当植株缺镁时，首先表现为叶片更加缺镁，因而地上部的生长受到抑制，根冠比增大；低温抑制了黄瓜地上部和根系的生长，并使根冠比增加。这与丁玉川等 (2009) 的研究结果一致，说明增加根冠比是植物适应不同环境胁迫的一个重要途径。

可溶性蛋白质含量的下降是植物衰老的标志。硝酸还原酶(NR)是氮同化过程中的关键酶,其活性强弱影响着植物体内氮同化能力。本试验结果表明,适温下,镁胁迫使黄瓜叶片可溶性蛋白、还原糖和可溶性总糖含量、硝酸还原酶活性下降,根系活力提高;低温下,不论镁离子如何硝酸还原酶活性、根系活力、可溶性总糖含量较对照降低,还原糖含量较对照升高,多镁和适镁使可溶性蛋白的含量较对照降低,缺镁则使其含量提高,而在适镁、多镁和缺镁条件下上升或下降幅度不同。这与对龙眼(李延等,2001)的研究结果一样。而在低温缺镁双重胁迫下,植株会通过可溶性总糖含量和根系活力的升高产生一些应急反应来抵御重度的胁迫。

在环境胁迫下,植株体内会产生破坏植物分子的物质,如 $O_2^{\cdot-}$ 、 H_2O_2 和MDA等,同时影响体内清除这些活性氧的保护酶系统——抗氧化酶类,如POD、SOD和CAT等提高其活性清除活性氧和自由基,以维持植株体的代谢平衡。研究表明,镁胁迫导致黄瓜幼苗叶片MDA、 H_2O_2 含量及 $O_2^{\cdot-}$ 产生速率升高,缺镁升幅大于多镁,低温缺镁胁迫下增加幅度最大;表明低温缺镁对植株的伤害最大,可能与活性氧的增加有关。适温下,镁胁迫使POD、SOD活性升高,其中POD升高幅度最大,而CAT活性降低,表明适温下植株可能主要通过提高POD活性来抵御镁胁迫。

镁和低温胁迫对黄瓜的生长和生理特性都有不同程度的抑制作用,但哪一个对植株生长和代谢造成的伤害更大还有待于进一步研究。

参考文献

- 陈贻竹, 帕特森. 1988. 低温对植物叶片中超氧化物歧化酶、过氧化氢酶和过氧化氢水平的影响. 植物生理学报, 14(4): 323-328.
- 丁玉川, 罗伟, 徐国华. 2008. 镁、钾营养及其交互作用对水稻产量、产量构成因素和养分吸收的影响. 水土保持学报, (3): 178-182.
- 丁玉川, 罗伟, 任小利, 徐国华. 2009. 不同镁浓度对水稻根系生长及生理特性的影响. 植物营养与肥料学报, 15(3): 537-543.
- 高俊凤. 2006. 植物生理学实验指导. 北京: 高等教育出版社.
- 韩冬芳, 王德汉, 黄培钊, 段继贤, 葛仁山, 周伟莉. 2010. 不同形态镁对‘早熟5号’大白菜产量及品质的影响. 园艺学报, 37(10): 1655-1660.
- 李延, 刘星辉, 庄卫民. 2001. 缺镁胁迫对龙眼苗期氮代谢的影响. 植物营养与肥料学报, 7(2): 218-222.
- 林植芳, 李双顺, 林桂珠, 郭俊彦. 1988. 衰老叶片和叶绿体中 H_2O_2 的积累与膜脂过氧化的关系. 植物生理学报, 14(1): 16-22.
- 邵国庆, 李增嘉, 宁堂原, 张民, 江晓东, 王芸, 赵建波, 吕美蓉, 赵杰. 2009. 不同水分条件下常规尿素和控释尿素对玉米根冠生长及产量的影响. 作物学报, 35(1): 118-123.
- 申燕, 肖家欣, 杨慧, 张绍铃. 2011. 镁胁迫对‘春见’橘橙生长和矿质元素分布及叶片超微结构的影响. 园艺学报, 38(5): 849-858.
- 司东霞, 胡树文, 陈清, 杨俊刚, 陈新平, 张福锁. 2009. 控释肥料不同用量对黄瓜幼苗生长及养分吸收的影响. 园艺学报, 36(1): 53-58.
- 王爱国, 罗广华. 1990. 植物的超氧自由基与羟胺反应的定量关系. 植物生理学通讯, 26(6): 55-57.
- 谢小玉, 邹志荣, 江雪飞. 2007. 影响无土栽培黄瓜叶片中镁含量的因素研究. 干旱地区农业研究, 25(6): 85-88.
- 谢小玉, 刘海涛, 程志伟. 2009. 镁对温室黄瓜光合特性的影响. 中国蔬菜, (6): 36-40.
- 朱广廉, 钟海文, 张爱琴. 1990. 植物生理学实验. 北京: 北京大学出版社.