

姜自红,刘中良.嫁接对铜胁迫下黄瓜幼苗生长和光合特性的影响[J].江苏农业科学,2016,44(4):201-203.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2016.04.055

嫁接对铜胁迫下黄瓜幼苗生长和光合特性的影响

姜自红¹,刘中良²

(1.滁州职业技术学院,安徽滁州 239000; 2.山东省泰安市农业科学院,山东泰安 271000)

摘要:通过营养液栽培黄瓜,研究铜(Cu)胁迫下黄瓜幼苗生长和光合特性的影响。结果表明,黄瓜幼苗的生长受到 Cu 胁迫抑制,黄瓜幼苗地下部与地上部干质量显著下降,嫁接可以显著降低 Cu 胁迫对黄瓜幼苗的抑制作用。在 Cu 胁迫下,嫁接苗叶片中叶绿素含量、类胡萝卜素含量、气孔导度(G_s)均显著高于自根苗,因而具有较高的净光合速率(P_n)。Cu 胁迫处理使 P_n 和 G_s 显著下降,而 C_i 无显著变化,Cu 胁迫下 P_n 下降是由非气孔因素引起的。表明嫁接可以提高 Cu 胁迫下黄瓜幼苗叶绿素、类胡萝卜素含量,提高黄瓜幼苗的光合速率,从而提高黄瓜幼苗抗铜胁迫能力。

关键词:嫁接;铜胁迫;砧木;光合速率

中图分类号: S642.201 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2016)04-0201-03

铜(Cu)是植物生长发育所必需的微量营养元素,过量 Cu 会干扰细胞代谢和离子平衡,对植物产生毒害作用^[1]。铜矿开采、污水灌溉、含 Cu 杀菌剂、农药和化肥的施用使农田土壤中含 Cu 量逐年升高,对植物和土壤微生物产生毒害,严重威胁着农产品的产量和质量安全^[2]。

蔬菜嫁接技术是随着保护地蔬菜栽培的发展而兴起的一项新技术,具有增强作物的抗逆性^[3-4]、提高吸收能力^[5-6]、增加内源激素的合成量、降低污染物的吸收^[7]、提高作物的抗盐能力^[8]和水分利用效率^[9]及产量^[10]等优点。近年来,关于 Cu 胁迫在番茄、辣椒、甜瓜、萝卜^[11-14]等蔬菜上研究已见报道,Cu 胁迫对黄瓜等效应研究鲜见报道。黄瓜是对 Cu 敏感的一类作物,然而有些种类对 Cu 有很高的耐性和富集性,因此可以利用嫁接技术,将作物嫁接到耐 Cu 性强的砧木上,以减轻 Cu 胁迫对黄瓜作物地上部的伤害。本试验以新土佐南瓜作砧木嫁接黄瓜,通过营养液栽培探究铜胁迫对黄瓜幼苗生长和光合特性的影响,研究砧木嫁接对黄瓜幼苗耐铜胁迫能力的影响。

1 材料与方法

收稿日期:2015-03-17

基金项目:2013 年山东省农业重大应用技术创新课题;2014 年山东省农业重大应用技术创新课题;山东省泰安市重大科技专项(编号:201340629)。

作者简介:姜自红(1979—),女,山东临沂人,硕士,讲师,主要从事园林园艺栽培生理研究。E-mail:sdau0525@126.com。

通信作者:刘中良,硕士,农艺师,主要从事设施蔬菜栽培生理研究。E-mail:sdau0525@126.com。

and Applied Genetics,2001,103(2/3):455-461.

[16]崔俊杰,宋建文,汪国平,等.丝瓜种质资源亲缘关系的 SRAP 分析[J].植物遗传资源学报,2012,13(6):1061-1066.

[17]陈超文.丝瓜种质资源遗传多样性的 ISSR 分析[D].福州:福建农林大学,2009.

[18]Prakash K,Pati K,Arya L,et al.Population structure and diversity in

1.1 试验设计

试验用南瓜砧木新土佐于 2014 年 8 月 10 日播种,接穗黄瓜津优 39 于 8 月 12 日播种。常规管理,8 月 21 日嫁接。待黄瓜接穗生长至 3 叶 1 心时(9 月 9 日),选取生长整齐健壮的黄瓜幼苗定植至栽培槽中,栽培槽规格为:长 5 m、宽 0.4 m、高 0.1 m,内有营养液 150 L,按照株距 20 cm、行距 25 cm 定植 2 行。营养液配方为大量元素^[15]和微量元素,pH 值保持在 5.5~6.5,定植缓苗 2 d 后开始处理。试验设 4 个处理,分别为自根苗(U0)、自根苗+Cu(U40)、嫁接苗(G0)、嫁接苗+Cu(G40),Cu 浓度为 40 $\mu\text{mol/L}$,用 $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 调节。试验设 3 次重复,12 个处理,每个处理 40 株,胁迫处理 7 d,第 4 天更换 1 次营养液。

1.2 测定方法

Cu 胁迫后 7 d 后从上往下选取黄瓜植株第 2 张平展叶测叶绿素、类胡萝卜素含量、电解质渗漏率和光合参数。叶绿素、胡萝卜素含量采用分光光度法测定^[16];采用美国 LI-COR 公司生产的 LI-6400 光合仪测定净光合速率(P_n)、气孔导度(G_s)和胞间 CO_2 浓度(C_i),测定条件需要室内光源强度、 CO_2 浓度分别为 600 $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ 、370 $\mu\text{mol}/\text{mol}$,温度为 25 $^{\circ}\text{C}$ 。

1.3 数据统计

用 SAS 软件 Duncan's 多重比较法进行统计分析。

2 结果与分析

2.1 嫁接对 Cu 胁迫下黄瓜幼苗生长的效应

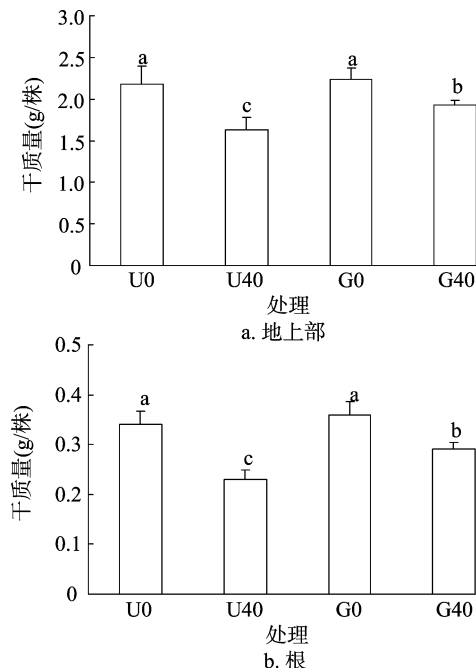
处理 7 d 后,测定黄瓜植株地上部、地下部干质量(图 1)。在正常生长条件下,嫁接苗与自根苗地上部干质量与地

cultivated and wild *Luffa* species[J]. Biochemical Systematics and Ecology,2014,56:165-170.

[19]苏小俊.普通丝瓜种质资源评价体系及主要农艺性状遗传规律研究[D].南京:南京农业大学,2010.

[20]蒋雅琴,黎炎,李文嘉,等. SCoT 分子标记技术在丝瓜上的应用[J].南方农业学报,2014,45(12):2117-2122.

下部干质量均无显著差异。Cu 胁迫显著影响黄瓜植株的生长,处理 7 d 后,U40 处理较 U0 处理地上部、地下部干质量分别下降了 25.23%、32.35%,而 G40 处理较 G0 处理分别下降了 13.39%、19.44%,结果表明,嫁接可以显著缓解 Cu 胁迫对黄瓜植株的抑制作用。



不同处理间标有不同小写字母表示差异显著($P < 0.05$)。下图同

图1 嫁接对 Cu 胁迫下黄瓜幼苗干物质含量的影响

2.2 嫁接对 Cu 胁迫下黄瓜幼苗光合色素的影响

Cu 胁迫处理显著降低黄瓜幼苗叶片叶绿素含量,自根苗叶绿素含量下降了 41.77%,嫁接苗叶绿素含量仅下降 23.86%,表明嫁接苗叶片叶绿素含量受 Cu 胁迫影响较小,抵御 Cu 胁迫的能力较强。无论是在 Cu 胁迫还是正常条件下,嫁接苗的叶片叶绿素含量均显著高于自根苗,嫁接苗在正常生长条件下比自根苗高 11.39%,而在 Cu 胁迫条件下高 45.65% (图 2-a)。

从图 2-b 可以看出,嫁接苗叶片类胡萝卜素含量在正常生长条件下和 Cu 胁迫条件下均显著高于自根苗,分别比自根苗高 9.38%、31.82%;在 Cu 胁迫条件下,黄瓜幼苗叶片类胡萝卜素含量显著降低,自根苗类胡萝卜素含量下降了 31.25%,而嫁接苗类胡萝卜素仅下降了 17.14%。

2.3 嫁接对 Cu 胁迫下黄瓜幼苗净光合速率的影响

Cu 胁迫显著抑制黄瓜幼苗叶片的 P_n 。从图 3 可以看出,与正常生长相比,Cu 处理自根黄瓜叶片 P_n 降低了 23.88%,而嫁接黄瓜叶片 P_n 下降了 10.52%。嫁接苗在正常生长条件下和 Cu 胁迫下 P_n 分别比自根苗高 8.53%、26.90%,嫁接苗在 Cu 胁迫下维持较高的 P_n 保证了光合产物的供给,提高了黄瓜耐 Cu 性。

2.4 嫁接对 Cu 胁迫下黄瓜幼苗气孔导度和胞间 CO_2 浓度的影响

在正常生长条件下,嫁接苗和自根苗叶片气孔导度无显著差异,而在 Cu 胁迫条件下,嫁接苗的气孔导度显著高于自根苗,气孔导度比自根苗高 25.0%;Cu 胁迫使黄瓜幼苗叶片

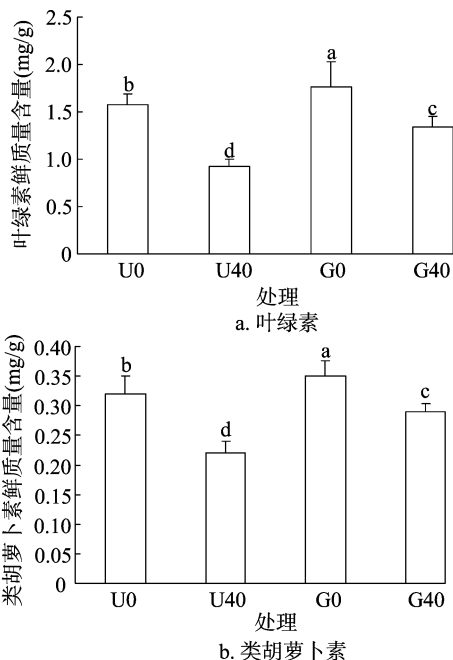


图2 嫁接对 Cu 胁迫下黄瓜幼苗光合色素含量的影响

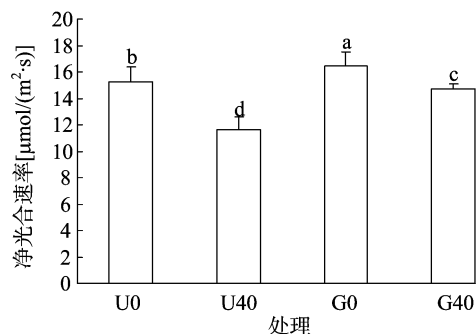


图3 嫁接对 Cu 胁迫下黄瓜幼苗净光合速率的影响

气孔导度显著降低,自根苗、嫁接苗分别下降了 36.0%、20.0% (图 4-a)。

无论在正常生长条件下还是在 Cu 胁迫条件下,嫁接苗叶片胞间 CO_2 浓度与自根苗均无显著差异 (图 4-b)。Cu 处理下黄瓜幼苗叶片胞间 CO_2 浓度与正常生长条件下差异不显著,自根苗、嫁接苗分别仅下降了 2.99%、3.48%。

3 讨论与结论

植物生长受抑制是重金属毒害作用的明显特征^[17]。Cu 胁迫在植物上的主要体现就是生长量的变化,特别表现在生长受抑制、生物量积累下降^[18-19]。本试验中,Cu 胁迫显著降低了嫁接和自根苗地上部和根系的生长量。在 Cu 胁迫下,嫁接苗的生物量显著高于自根苗,表明嫁接苗比自根苗具有更高耐 Cu 胁迫能力。

植物生产力的主要因素就是光合作用,叶绿素是植物进行光合作用的重要色素,其含量高低与光合强弱密切联系。过量的 Cu 抑制植物的光合作用和光合色素的合成^[20]。类胡萝卜素主要功能是进行光合作用、清除自由基和活性氧、延缓植株衰老^[21]。本试验中,Cu 胁迫处理黄瓜幼苗的叶绿素和类胡萝卜素含量显著下降,原因是 Cu 进入植物体内使叶绿

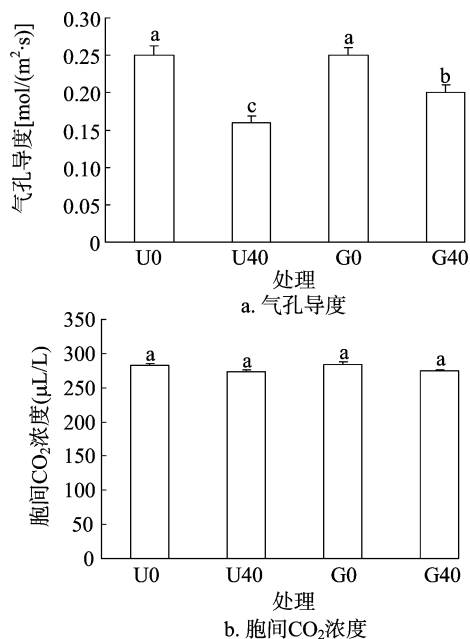


图4 嫁接对 Cu 胁迫下黄瓜幼苗气孔导度的影响

体酶活性比例失调,致使叶绿素分解加快^[22];同时,过量的 Cu 降低了叶片、叶绿体、质体中 Fe、Mg 的含量,低 Fe 含量影响叶绿素的合成和叶绿体的结构^[23];此外,与叶绿体中蛋白质上的巯基结合,或取代其中的 Fe^{2+} 、 Zn^{2+} 、 Mg^{2+} ,使叶绿素蛋白中心离子组成发生变化而导致叶绿素的合成下降^[24]。本研究中嫁接苗叶片中叶绿素、类胡萝卜素含量明显高于自根苗,表明嫁接苗所受的 Cu 胁迫伤害程度轻,嫁接减轻了 Cu 胁迫对黄瓜幼苗的胁迫效应。

叶片光合速率的降低由气孔、非气孔 2 个因素引起,判定依据主要是 C_i 、 G_s 的变化方向。本研究表明,Cu 胁迫下 P_n 、 G_s 显著下降,而 C_i 无显著变化,表明 Cu 胁迫下 P_n 下降是由非气孔因素引起的,与前人的研究结论^[18]一致。本试验中虽然在 Cu 胁迫下,嫁接和自根苗叶片中 C_i 无显著差异,然而嫁接苗的 P_n 、 G_s 显著高于自根苗,表明自根苗受到更为严重的非气孔限制因素的影响,嫁接可以提高 Cu 胁迫下植株的光合速率,本结果与前人研究结论^[25]一致。

利用新土佐南瓜砧木嫁接可以提高 Cu 胁迫下黄瓜幼苗光合色素含量,进而提高黄瓜幼苗的光合速率,从而提高黄瓜幼苗抗铜胁迫能力。

参考文献:

- [1] 潘瑞炽. 植物生理学[M]. 6 版. 北京:高等教育出版社,2008.
- [2] 宋 婕. 黄瓜根尖边缘细胞对铜胁迫的响应机制研究[D]. 杭州:浙江大学,2014.
- [3] 李 瑶. 嫁接提高甜瓜耐低温生理机制的研究[D]. 长春:吉林大学,2014.
- [4] 王水霞,崔世茂,付崇毅,等. 高温逆境下嫁接辣椒耐热性的研究[J]. 华北农学报,2012,27(1):155-158.

- [5] 袁亭亭,宋小艺,王忠宾,等. 嫁接与施肥对番茄产量及氮、磷、钾吸收利用效率的影响[J]. 植物营养与肥料学报,2011,17(1):131-136.
- [6] 赵 娟,沈 佳,程春燕,等. 嫁接对黄瓜光合特性及矿质元素吸收的影响[J]. 中国瓜菜,2014,27(4):10-13.
- [7] Otani T, Seike N. Comparative effects of rootstock and scion on diel-drin and endrin uptake by grafted cucumber (*Cucumis sativus*) [J]. Journal of Pesticide Science, 2006, 31(3):316-321.
- [8] 吴雪霞,查丁石,朱宗文,等. 嫁接提高植物耐盐性研究进展[J]. 中国农学通报,2011,27(2):75-78.
- [9] Cohen S, Naor A. The effect of three rootstocks on water use, canopy conductance and hydraulic parameters of apple trees and predicting canopy from hydraulic conductance[J]. Plant Cell and Environment, 2002, 25(1):17-28.
- [10] Ruiz J M, Romero L. Nitrogen efficiency and metabolism in grafted melon plants[J]. Scientia Horticulturae, 1999, 81(2):113-123.
- [11] 李晓云,王秀峰,吕乐福,等. 外源 NO 对铜胁迫下番茄幼苗根系抗坏血酸-谷胱甘肽循环的影响[J]. 应用生态学报,2013,24(4):1023-1030.
- [12] 盛积贵,李晓梅,窦三丰. 铜胁迫对辣椒种子发芽及其幼苗生长的影响[J]. 北方园艺,2013(7):22-24.
- [13] 谭明明,张新英,付秋实,等. 嫁接对铜胁迫下甜瓜幼苗生理特性的影响[J]. 应用生态学报,2014,25(12):3563-3572.
- [14] 韩春梅. 铜胁迫对萝卜幼苗根系生理生化指标的影响[J]. 江苏农业科学,2010(1):179-180.
- [15] Roupheal Y, Cardarelli M, Rea E, et al. Grafting of cucumber as a means to minimize copper toxicity [J]. Environmental and Experimental Botany, 2008, 63(1/2/3):49-58.
- [16] 李 玲. 植物生理学模块实验指导[M]. 北京:科学出版社,2009.
- [17] Groppa M D, Zawoznik M S, Tomaro M L, et al. Inhibition of root growth and polyamine metabolism in sunflower (*Helianthus annuus*) seedlings under cadmium and copper stress [J]. Biological Trace Element Research, 2008, 126(1/2/3):246-256.
- [18] 王丽娜. 外源 NO 对铜胁迫下番茄幼苗生理生化特性的影响[D]. 泰安:山东农业大学,2010.
- [19] 邵兴华,张建忠,林国卫,等. 铜胁迫对油麦菜生长和土壤酶活性的影响[J]. 中国农学通报,2010,26(4):157-161.
- [20] Fernandes J C, Henriques F S. Biochemical, physiological, and structural effects of excess copper in plants [J]. The Botanical Review, 1991, 57(3):246-273.
- [21] 张艳艳,刘 俊,刘友良. 一氧化氮缓解盐胁迫对玉米生长的抑制作用[J]. 植物生理与分子生物学报,2004,30(4):455-459.
- [22] Parasad M, Hagemeyer J. Heavy metal stress in plants: from molecules to ecosystems[M]. Berlin:Springer, 1999:117-138.
- [23] 林义章,张淑媛,朱海生. 铜胁迫对小白菜叶肉细胞超微结构的影响[J]. 中国生态农业学报,2008,16(4):948-951.
- [24] 李永杰,李吉跃,方晓娟,等. 铜胁迫对白蜡幼苗叶绿素含量及光合特性影响[J]. 东北林业大学学报,2010,38(6):35-37.
- [25] 谭明明,贺忠群,郑万刚. 嫁接对铜胁迫下甜瓜幼苗光合特性与矿质元素吸收的影响[J]. 华北农学报,2014,29(5):186-192.