

# 西瓜与辣椒间作体系接种 AM 真菌对连作西瓜植株生长和防御酶活性的影响

陈 潇<sup>1,2</sup>, 盛 萍 萍<sup>1</sup>, 刘 润 进<sup>1</sup>, 李 敏<sup>1,2</sup>

(1. 青岛农业大学 菌根生物技术研究所, 山东 青岛 266109; 2. 青岛农业大学 园艺学院, 山东 青岛 266109)

**摘 要:**以 AM 菌剂为试材,研究了西瓜单作体系、西瓜与辣椒间作体系和接种丛枝菌根(arbuscular mycorrhiza, AM)真菌对保护地连作西瓜生长和防御酶活性的影响,以探索克服作物连作障碍的新途径。结果表明:间作、接种 AM 真菌及间作+接种 AM 真菌均可提高西瓜植株的株高、地上部鲜重、茎粗、最大单叶面积和单瓜重,西瓜植株根和叶片的超氧化物歧化酶、过氧化物酶、过氧化氢酶活性也明显提高,以间作+接种 AM 真菌的效果最好;间作和接种 AM 真菌能促进连作土壤中西瓜的生长,提高防御酶活性,有效缓解连作障碍。

**关键词:**西瓜;辣椒;AM 真菌;间作;连作;防御性酶

**中图分类号:**S 651 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2014)12-0006-04

西瓜[*Citrullus lanatus* (Thunb) Mansf.]是一种消费需求很大的园艺作物。受土地限制,近年来连作障碍已经严重阻碍了西瓜生产的发展。多年的连作会导致

土壤肥力下降,土壤病虫害增加,危害西瓜根系,降低西瓜产量。前人在研究克服连作障碍方法方面已经做了大量的工作,如选育抗病品种<sup>[1]</sup>,嫁接换根<sup>[2]</sup>,药物防治<sup>[3]</sup>和生防菌株防治<sup>[4]</sup>等,但这些方法都有其局限性,不能彻底解决连作障碍问题。有研究表明,通过间作栽培可以改善连作土壤的栽培环境,小麦、大豆轮作和分蘖洋葱套作能改善土壤微生态环境,提升黄瓜产量等<sup>[5-7]</sup>;西瓜/旱作水稻间作可降低土壤中尖孢镰刀菌数量,改善西瓜连作障碍<sup>[8]</sup>。

刘俭等<sup>[9]</sup>研究发现,西瓜套作辣椒比单作西瓜发病率降低 24%,套作西瓜单瓜质量和 667 m<sup>2</sup> 产量均略低

**第一作者简介:**陈潇(1990-),女,山东潍坊人,硕士研究生,研究方向为蔬菜生理生态。E-mail:1132580714@qq.com.

**责任作者:**李敏(1964-),女,山东龙口人,博士,教授,现主要从事蔬菜栽培生理等研究工作。E-mail:minli@qau.edu.cn.

**基金项目:**国家“十二五”科技支撑计划资助项目(2014BAD05B03);山东省科技发展计划资助项目(2013GNC11014);青岛市基础研究资助项目(13-1-4-143-jch)。

**收稿日期:**2014-03-13

## Study on Absorption of Zn<sup>2+</sup> by Saponified Lettuce Leaf

CHEN Li, SI Hui, YANG Huan, CHEN Lin, JIN Feng, SUN Song

(Department of Life Science, Yuncheng University, Yuncheng, Shanxi 044000)

**Abstract:** Taking saponified lettuce leaf as materials, using quadratic regression orthogonal rotating combination design, initial concentration of Zn<sup>2+</sup> solution, saponified lettuce leaf addition, Zn<sup>2+</sup> solution pH, temperature and time, five factors were optimized, the optimum process of saponified lettuce leaf absorption Zn<sup>2+</sup> were studied. The results showed that the maximum absorption rate was 76.14% when 60 mg/L of Zn<sup>2+</sup>, saponified lettuce leaf addition 0.5 g, pH 8, 40°C, and 1 h. Through the experiment the optimum absorption rate was 75.95%, consistent with the predicted value; compared with the absorption effect of activated carbon, cellulose, the absorption of leaf lettuce residue was the best; and the Freundlich absorption isotherm and the second-order kinetic equation could better describe the absorption of lettuce leaf residue of Zn<sup>2+</sup>; By SEM and FTIR, it showed that lettuce leaf residue surface had loose and porous pore, and -C≡C effectively helped the absorption of Zn<sup>2+</sup>.

**Key words:** lettuce leaf; Zn<sup>2+</sup>; quadratic regression orthogonal rotation combination of design; SEM; FTIR

于单作西瓜,但在中心含糖量和边缘含糖量及口感方面套作西瓜和单作西瓜几乎无差异,适宜砂田的西瓜/辣椒间作带比模式为3:8<sup>[10]</sup>。山东省昌乐县是我国设施西瓜重要产区,由于长期连作导致连作障碍发生,瓜农采取西瓜与辣椒轮作,西瓜与辣椒间作的种植模式有效减轻了西瓜连作障碍,有效地抑制了南方根结线虫病害的发生。

丛枝菌根(arbuscular mycorrhiza, AM)真菌可以与作物根系形成互惠共生体,这不仅能提高作物产量,也可在病害防治上起到一定作用。陈可等<sup>[11]</sup>研究表明,AM真菌可以直接影响植物矿质营养、生长发育、抗逆性、抗病性等方面的生理机能;有试验证实了接种AM真菌能够减轻寄生疫霉(*Phytophthora parasitica*)<sup>[12]</sup>、立枯丝核菌(*Rhizoctonia solani*)<sup>[13]</sup>、镰刀菌(*Fusarium solani*)<sup>[14]</sup>、青枯菌(*Ralstonia solanacearum*)<sup>[15]</sup>的危害,有利于病害的防治。该研究试图通过西瓜与辣椒间作及AM真菌来调节保护地连作土壤中西瓜的生长,从而改善西瓜连作障碍,为开辟新的克服作物连作障碍的生物学途径提供理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

1.1.1 供试土壤 试验在山东省青岛市城阳区新安社区连作5a西瓜的日光温室进行。种植前土壤基本理化指标:pH 6.9(水浸)、速效磷含量165.65 mg/kg、速效钾含量345.78 mg/kg、碱解氮含量129.8 mg/kg、全氮含量17.5%、有机质含量28.06%。

1.1.2 供试作物 供试西瓜品种为益农牌“新红宝”西瓜,产地香港;供试辣椒品种为寿光尖椒。

1.1.3 供试AM菌剂 地表球囊霉(*Glomus versiforme* Berch)由青岛农业大学菌根技术研究所扩繁。

### 1.2 试验方法

试验于2011年3~7月在日光温室中进行,为温室连作土壤,单作(西瓜即W)与间作(西瓜/辣椒即W/P)分设接种AM真菌(+M)和不接种AM真菌(-M)2个处理,即间作(2)×AM真菌(2)共4个处理,每处理重复3次,随机区组排列。将*G. versiforme*接种物30 mL,分别放入营养钵内,对照则加入等量的灭菌混合接种物和接种物滤液,并与钵中土壤混匀后播种西瓜种子。于3月15日,将该钵放入塑料大棚内,自然光照,温度约为26℃/18℃(昼/夜);2月20日大棚穴盘播种辣椒(不接种菌种)。于4月15日西瓜幼苗3片真叶充分展开时移栽到大田;同时将5片真叶展开的不接种AM真菌的辣椒苗按试验设计定植。行距75 cm,单种西瓜株距40 cm,西瓜/辣椒处理在同一行中西瓜和辣椒间隔种植,株距均为40 cm,每个处理小区面积80 m<sup>2</sup>。

各小区间栽培管理条件一致,按一般田间常规管

理。采用双蔓整枝法,每株留1个瓜,坐瓜后在瓜蔓上部留10片叶摘心。

### 1.3 项目测定

1.3.1 生长指标的测定 西瓜收获时,采用常规方法测定西瓜的株高、茎粗、地上部鲜重和单瓜重,采用相关法测定西瓜最大单叶面积<sup>[16]</sup>。

1.3.2 酶活性测定 超氧化物歧化酶(SOD)活性采用NBT法<sup>[17]</sup>测定;过氧化物酶(POD)活性采用愈创木酚法<sup>[17]</sup>测定;过氧化氢酶(CAT)活性采用紫外吸光法测定。

### 1.4 数据分析

用DPS v 7.05 统计分析软件进行双因素方差分析(ANOVA),最少显著差数(LSD)法进行多重比较。

## 2 结果与分析

### 2.1 间作及AM真菌对西瓜植株生长的影响

由表1可知,间作及接种AM真菌均可提高西瓜株高、地上部鲜重、最大单叶面积、茎粗和单瓜重量,且各指标值最高,其中地上部鲜重、最大叶面积、茎粗、单瓜重与西瓜-M处理相比分别增加了23.5%、7.6%、28.6%和22.9%;西瓜/辣椒-M处理与西瓜-M处理相比地上部鲜重、最大单叶叶面积、茎粗、单瓜重表现较好,而西瓜+M处理与西瓜-M处理相比稍有优势,但是无显著差异。间作对西瓜地上部鲜重、最大单叶面积影响显著,接种AM真菌对最大单叶面积影响显著,间作或接种AM真菌对茎粗的影响均极显著,而间作和接种AM真菌的协同作用对各项生长指标的影响均不显著。由此可见,间作或接种AM真菌均可对连作土壤西瓜植株的生长发育发挥积极作用,其中以间作的影响更为显著。

### 2.2 间作及AM真菌对西瓜植株保护性酶的影响

间作及接种AM真菌可以提高西瓜植株叶片和根的SOD、POD、CAT活性。各处理中SOD活性以西瓜/辣椒+M处理最高,西瓜-M处理最低,其中叶片差异显著,根无显著差异,分别比西瓜-M处理增加23.19%和5.12%(图1)。西瓜/辣椒-M、西瓜/辣椒+M处理的叶片与根的POD活性均显著高于西瓜-M处理,西瓜+M处理的根POD活性与西瓜-M处理相比也差异显著,但叶片POD活性与西瓜-M处理相比差异不明显,所有处理中以西瓜/辣椒+M处理的叶片与根POD活性最高,分别比西瓜-M处理增加28.9%和16.1%(图2)。叶片与根CAT活性以西瓜/辣椒+M处理最高,分别比西瓜-M处理增加14.6%和66.8%,西瓜/辣椒-M、西瓜+M处理也均高于西瓜-M处理。西瓜/辣椒-M、西瓜+M处理对植株根CAT活性影响最显著,对其它指标的影响均不显著(图3)。

表 1

间作和 AM 真菌对西瓜植株生长和产量的影响

Table 1 Effect of intercropping and AM fungus on growth and yield of watermelon

| 处理<br>Treatment                | 株高<br>Plant height/cm | 地上部鲜重<br>Fresh weight of aboveground/g | 最大单叶面积<br>Biggest leaf area/cm <sup>2</sup> | 茎粗<br>Stem diameter/cm | 单瓜重量<br>Single watermelon weight/kg |
|--------------------------------|-----------------------|--|---|------------------------|-------------------------------------|
| 西瓜/辣椒-M<br>Watermelon/Pepper-M | 2.20 a                | 0.99 ab                                | 508.3 ab                                    | 1.7 ab                 | 4.88 b                              |
| 西瓜/辣椒+M<br>Watermelon/Pepper+M | 2.33 a                | 1.05 a                                 | 518.3 a                                     | 1.8 a                  | 5.21 a                              |
| 西瓜-M<br>Watermelon-M           | 2.21 a                | 0.85 c                                 | 481.7 c                                     | 1.4 c                  | 4.24 c                              |
| 西瓜+M<br>Watermelon+M           | 2.24 a                | 0.93 bc                                | 492.7 bc                                    | 1.5 bc                 | 4.38 c                              |
| 显著性间作<br>Intercropping         | ns                    | *                                      | *   | **                     | ns                                  |
| 接种 AM 真菌 AMF                   | ns                    | ns                                     | *   | **                     | ns                                  |
| 间作×AMF                         | ns                    | ns                                     | ns  | ns                     | ns                                  |

注:表中各列不同小写字母为  $P<0.05$  水平差异显著;ns:不显著( $P>0.05$ );\*:  $P<0.05$  水平显著;\*\* :  $P<0.01$  水平显著。

Note: Different letters within the same column represented significant difference at 0.05 level; ns: not significant ( $P>0.05$ ); \*: significant at  $P<0.05$ ; \*\*: significant at  $P<0.01$ .

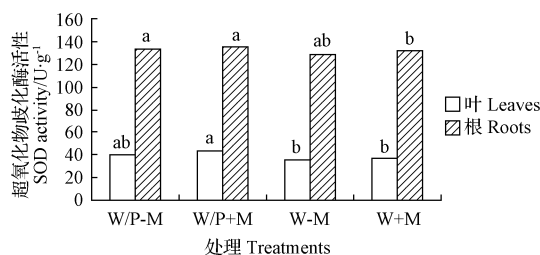


图 1 间作及 AM 真菌对西瓜叶片和根系 SOD 活性的影响

Fig. 1 Effect of intercropping and AM fungus on SOD activities in watermelon leaves and roots

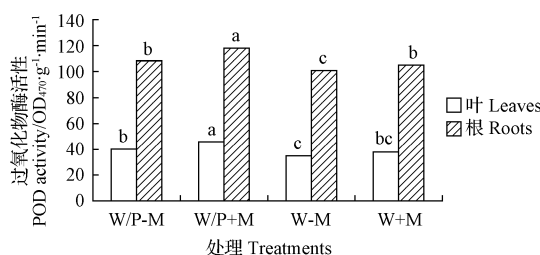


图 2 间作及 AM 真菌对西瓜叶片和根系 POD 活性的影响

Fig. 2 Effect of intercropping and AM fungus on POD activities in watermelon leaves and roots

### 3 讨论与结论

前人研究表明,单纯接种 AM 真菌或者合理的间作都能利于作物的生长,二者措施同时使用也可以促进作物的生长。接种 AM 真菌能提高不同连作土壤中西瓜植株的生物量<sup>[18]</sup>,AM 真菌对“京欣一号”西瓜植株生长发育、西瓜产量和可溶性糖含量具有显著影响,以草炭基质接种摩西球囊霉、地表球囊酶促进西瓜生长、提高产量的效应最大<sup>[19]</sup>。在发生西瓜连作障碍的土壤中,将香葱、芹菜、大蒜 3 种作物分别与西瓜间作,均能促进西

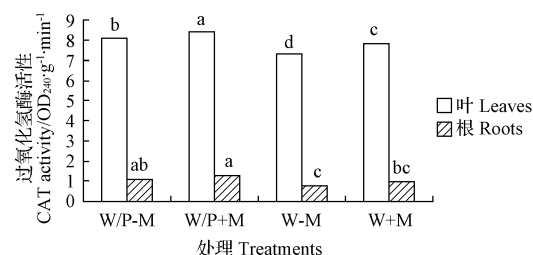


图 3 间作及 AM 真菌对西瓜叶片和根系 CAT 活性的影响

Fig. 3 Effect of intercropping and AM fungus on CAT activities in watermelon leaves and roots

瓜生长<sup>[20]</sup>。早作水稻/绿豆间作系统中,接种 AM 真菌显著提高了水稻和绿豆的根系活力和可溶性糖含量<sup>[21]</sup>。在蚕豆/玉米间作体系中,间作产量优势显著高于单接 AM 真菌和根瘤菌<sup>[22]</sup>。该试验表明,接种 AM 真菌、间作辣椒、接种 AM 真菌同时间作辣椒处理组均能促进连作土中西瓜的生长,增加西瓜单重,以间作辣椒并接种 AM 真菌处理增加效果最明显。由于间作辣椒的处理西瓜植株数量为单作的 50%,因此,间作小区西瓜总产量低于单作西瓜处理,关于间作对整个地块西瓜和辣椒的总效益有待于进一步分析。

SOD、POD 和 CAT 等被认为是清除活性氧过程中最主要的抗氧化酶类,可以帮助维持植物体内的活性氧代谢平衡,增强抗性,所以 SOD、CAT、POD 的活性可作为植物抗病性的生理生化指标<sup>[23-25]</sup>。研究发现<sup>[26-27]</sup>,AM 真菌可以提高盐胁迫和干旱胁迫下植株的 SOD、POD 和 CAT 的活性。该研究发现,间作及接种 AM 真菌后,西瓜植株的 SOD、POD 和 CAT 活性均升高,尤其是 CAT 活性变化最为明显,有效增强了西瓜体内生理防御酶体系,提高了抵御连作土壤逆境的能力。

## 参考文献

- [1] 段爱民, 刘国胜, 焦定量, 等. 西瓜抗病品种选育[J]. 天津农业科学, 2002, 8(2): 21-23.
- [2] 张春燕, 詹晓东. 不同砧木嫁接对京欣二号西瓜生长的影响[J]. 四川农业科技, 2013(8): 22-23.
- [3] 管怀骥, 陈莉, 丁克坚. 几种药剂防治西瓜枯萎病的初步研究[J]. 安徽农学通报, 2001, 7(6): 43-45.
- [4] Haggag W M. Sustainable agriculture management of plant diseases [J]. Biological Sciences, 2002, 2(4): 280-284.
- [5] Wu F, Yu H, Yu G, et al. Improved bacterial community diversity and cucumber yields in a rotation with kidney bean-celery-cucumber [J]. Acta Agriculturae Scandinavica, Section B, Soil and Plant Science, 2011, 61: 122-128.
- [6] Zhou X, Yu G, Wu F. Effects of intercropping cucumber with onion or garlic on soil enzyme activities, microbial communities and cucumber yield [J]. Eur J Soil Biol, 2011, 47: 279-287.
- [7] 庄岩, 吴凤芝, 杨阳, 等. 轮作对黄瓜土壤微生物多样性及产量的影响[J]. 中国农业科学, 2009, 42(1): 204-209.
- [8] 苏世鸣, 任丽轩, 霍振华, 等. 西瓜与旱作水稻间作改善西瓜连作障碍及对土壤微生物区系的影响[J]. 中国农业科学, 2008(3): 704-713.
- [9] 刘俭, 曲继松, 张丽娟, 等. 宁夏旱作区域露地西瓜套作栽培适应性研究[J]. 长江蔬菜(学术版), 2012(20): 49-51.
- [10] 赵卫, 康建宏, 吴宏亮, 等. 砂田西瓜间作辣椒不同带比研究[J]. 农业科学研究, 2010, 31(4): 6-10.
- [11] 陈可, 孙吉庆, 刘润进, 等. 丛枝菌根真菌对西瓜嫁接苗生长和根系防御性酶活性的影响[J]. 应用生态学报, 2013(1): 135-141.
- [12] Vigo C, Norman J R, Hooker J E. Biocontrol of the Pathogen *Phytophthora parasitica* by arbuscular mycorrhizal fungi is a consequence of effects on infection loci [J]. Plant Pathology, 2000, 49: 509-514.
- [13] Abdel Fattah G M, Shabana Y M. Efficacy of the arbuscular mycorrhizal fungus *Glomus clarum* in protection of cowpea plants against root rot pathogen *Rhizoctonia solani* [J]. Journal of Plant Disease and Protection, 2002, 109: 207-215.
- [14] Abdalla M E, Abdel Fattah G M. Influence of the endomycorrhizal fungus *Glomus mosseae* on the development of peanut pod rot disease in Egypt [J]. Mycorrhiza, 2000, 10: 29-35.
- [15] 朱红惠, 姚青, 李浩华, 等. AM 真菌对青枯菌的抑制和对酚类物质的影响[J]. 微生物学通报, 2004, 31(1): 1-5.
- [16] 宋吉清, 崔爱娜, 孙玉君, 等. 西瓜叶面积测量方法的研究[J]. 中国果菜, 2002(6): 17.
- [17] 王学奎. 植物生理生化实验原理和技术[M]. 北京: 高等教育出版社, 2006.
- [18] 韩亚楠, 毕美光, 刘润进, 等. AM 真菌对连作西瓜生长及其枯萎病的影响[J]. 北方园艺, 2013(13): 150-153.
- [19] 蔡燕飞, 廖宗文, 章家恩, 等. 生态有机肥对番茄青枯病及土壤微生物多样性的影响[J]. 应用生态学报, 2003, 14(3): 349-353.
- [20] 姜忠廷, 刘林德, 郑宪清, 等. 三种套作模式对连作西瓜生长和土壤微生物区系的影响[J]. 上海农业学报, 2012(1): 60-64.
- [21] 李岳峰, 居立海, 张来运, 等. 不同施磷水平下 AM 真菌对水稻/绿豆间作中植株生长及氮磷利用的影响[J]. 江苏农业科学, 2013(3): 51-55.
- [22] 李淑敏, 李隆. 蚕豆/玉米间作接种 AM 真菌和根瘤菌对外源有机磷利用的影响[J]. 农业现代化研究, 2011(2): 243-247.
- [23] Prasad T K. Role of catalase in inducing chilling tolerance in pre-emergent maize seedlings [J]. Plant Physiology, 1997, 114: 1369-1376.
- [24] Gechev T, Willekens H, Montagu M V, et al. Different responses of tobacco antioxidant enzymes to light and chilling stress [J]. Journal of Plant Physiology, 2003, 160: 509-515.
- [25] Vidhyasekaran P. Physiology of disease resistance in plants [M]. Volume. Florida CRC Press, 1988: 5-16, 83-95.
- [26] 贺学礼, 赵丽莉, 李英鹏. NaCl 胁迫下 AM 真菌对棉花生长和叶片保护酶系统的影响[J]. 生态学报, 2005, 25(1): 188-193.
- [27] 贺学礼, 刘媿, 安秀娟, 等. 水分胁迫下 AM 真菌对柠条锦鸡儿 (*Caragana korshinskii*) 生长和抗旱性的影响[J]. 生态学报, 2009, 29(1): 47-52.

## Effect of Intercropping System of Pepper-Watermelon Crops Inoculating Arbuscular Mycorrhizal Fungus on Growth and Defence Enzymes Activity of the Continuous Cropping Watermelon

CHEN Xiao<sup>1,2</sup>, SHENG Ping-ping<sup>1</sup>, LIU Run-jin<sup>1</sup>, LI Min<sup>1,2</sup>

(1. Institute of Mycorrhizal Biotechnology, Qingdao Agricultural University, Qingdao, Shandong 266109; 2. College of Horticulture, Qingdao Agricultural University, Qingdao, Shandong 266109)

**Abstract:** With arbuscular mycorrhizal fungus as materials, the effect of watermelon single cropping, intercropping system of pepper together with watermelon crops inoculating arbuscular mycorrhizal (AM) fungus on plant growth and defence enzymes activity of the continual watermelon in protection field conditions were studied, in order to find a new way to overcome continuous cropping obstacles. The results showed that both intercropping, inoculating AM fungus and intercropping with inoculated AM fungus had positive effect on watermelon crops, which increased the plant height, fresh weight of aboveground part, stem diameter, the biggest leaf area and single watermelon weight. And the SOD activity, POD activity, CAT activity in roots and leaves of watermelon crops obviously rose, while intercropping with inoculated AM fungus had the best effect. So we concluded that the intercropping system of pepper together with watermelon crops and inoculating AM fungus could promote the growth, improve activity of defence enzymes, and then alleviated continuous cropping obstacles of watermelon.

**Key words:** watermelon; pepper; arbuscular mycorrhizal fungus; intercropping; continuous cropping; defence enzymes