

· 研究论文 ·

丙烷脒对番茄植株生长、叶片光合作用和前期产量的影响

罗杰, 冯俊涛, 马志卿, 陈安良, 张兴*

(西北农林科技大学 无公害农药研究服务中心/陕西省生物农药工程技术研究中心, 陕西 杨凌 712100)

摘要:较系统地测试了新型烷基脒类内吸性杀菌剂丙烷脒对番茄 *Lycopersicon esculentum* Mill 植株生长、叶片光合作用和前期产量的影响。结果表明:丙烷脒对番茄植株生长有明显的调控作用,且与使用剂量有关。在 $100\ 00\ \text{g}/\text{hm}^2$ 有效剂量下,与空白对照相比,丙烷脒处理可增加番茄植株粗壮度(株高相对生长速率降低 35.00%,茎粗净增长量增加 151.96%);使番茄叶片光合色素 Chl a、Chl a+b、Car 含量分别增加 22.02%、15.17% 和 13.04%,光合能力增强 (P_n 提高 21.80%, G_s 增大 42.31%, T_r 增大 53.72%, C_i 减小 9.58%);使番茄叶片厚度增加 21.88%,但单位面积叶片质量减少 13.95%;番茄前期产量较对照增加 25.70%。表明丙烷脒在推荐剂量下可明显促进番茄的生长,并可显著提高其前期产量。

关键词:丙烷脒;番茄;生长;光合作用;产量

中图分类号: S482.2 S482.8

文献标志码: A

文章编号: 1008-7303(2008)01-0080-07

Effect of Propanidone on Photosynthesis, Growth and the Prophase Yield of Tomato

LUO Jie, FENG Jun-tao, MA Zhi-qing, CHEN An-liang, ZHANG Xing*

(Center of Biorational Pesticide Research and Development, Northwest A & F University / Shaanxi Research Center of Biorational Pesticide Engineering and Technology, Yangling 712100, Shaanxi Province, China)

Abstract The effect of propanidone on plant growth, chlorophyll content, photosynthetic parameters and the prophase yield of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) was investigated. The result showed that propanidone could promote the seedling growth, and the effect was related to the dose of propanidone. At a high dosage ($100\ 00\ \text{g}/\text{hm}^2$), propanidone lowered the relative growth rate of tomato height by 35.00% and enhanced the net increase rate of stem diameter by 151.96%, compared with the control. After treatment of propanidone, the content of chlorophyll a, chlorophyll a+b and carotenoid were increased by 22.02%, 15.17% and 13.04%, respectively. And the net photosynthetic (P_n), stomatal conductance (G_s) and transpiration (T_r) were increased by 21.80%, 42.31% and 53.72%, respectively. However, the intercellular CO_2 concentration (C_i) was lowered by 9.58%. At the same time, the thickness of tomato leaves was increased by 21.88%, but the weight of unit area of tomato leaves was reduced by 13.95%. All factors mentioned above lead to output increasing of tomato by 25.70%. The result suggested that under recommendatory dosage, propanidone could promote the

收稿日期: 2007-09-05 修回日期: 2007-12-21

作者简介: 罗杰 (1981-), 男, 河南信阳人, 在读农药学硕士研究生, E-mail: jr573@163.com; * 通讯作者 (Author for correspondence): 张兴 (1952-), 男, 陕西周至人, 博士, 教授, 博士生导师, 主要从事农药学教学与研发工作, 联系电话: 029-87093344; E-mail: zhxing1952@126.com
基金项目: 国家自然科学基金资助项目 (30771442); 国家“十五”科技攻关重大专项资助项目 (2002BA516A04); 农业成果转化资金资助项目 (04EFN216100284)

seedling growth and increase the prophase yield of tomato

Key words propanidine; tomato; growth; photosynthesis yield

番茄灰霉病是大棚或大田种植番茄在成株期较容易发生的主要病害之一,目前主要是施用嘧霉胺、速克灵和腐霉利等药剂进行化学防治。

丙烷脒 (propanidine) 是西北农林科技大学无公害农药研究服务中心研制的一种新型烷基脒类内吸性杀菌剂,化学名称为 1,3-二(4-脒基苯氧基)丙烷,商品名称为恩泽霉,主要用于防治蔬菜、果树等经济作物上由灰霉病菌 *Sclerotinia fuckeliana* 引起的多种植物病害,具有保护和治理双重功效^[1]。在田间推广应用过程中发现,在推荐使用剂量下,丙烷脒处理的作物长势明显优于对照药剂处理和空白对照^[1,2]。为验证丙烷脒处理后番茄长势是否因病害得到有效控制而明显优于对照药剂处理和空白对照,本研究采用嘧霉胺作为对照药剂较系统地研究了丙烷脒对番茄植株生长、光合作用及前期产量的影响,以期较全面地了解丙烷脒的特性,为其进一步推广应用提供依据。

1 材料与方法

1.1 供试材料

番茄 *Lycopersicon esculentum* Mill 品种为 L-402 辽宁省农业科学院园艺研究所产品;2% 丙烷脒 (propanidine) 水剂 (2% AS, 以下简称 Prop, 西北农林科技大学无公害农药研究服务中心提供,已获临时登记,登记证号为 LS20040130), 40% 嘧霉胺 (pyrimethanil) 悬浮剂 (40% SC, 以下简称 Pym) 拜耳作物科学公司产品)。

1.2 试验方法

试验在西北农林科技大学无公害农药研究服务中心日光温室的小区中进行,土壤肥力中等。番茄于 2007 年 3 月 6 日播种,在幼苗 2 片真叶期开始分苗,定植后生长至 4 片真叶时开始试验。设丙烷脒 33.33、50.00 和 100.00 g/hm² (有效剂量,下同) 及药剂对照嘧霉胺 500.00 g/hm² 和空白对照 (清水) 等 5 个处理。每处理重复 3 次,随机区组排列,小区面积 9.8 m²。番茄长到 4 叶期时开始施药,采用背负杆式手动喷雾器进行常量喷雾,每隔 7 d 喷药一次,连续喷施 3 次,喷液量

依次为 300、500 和 750 L/hm²。于不同调查期在每小区随机取样,分别测定单株形态指标、光合参数值和光合色素的含量。

1.2.1 植株形态指标的测定

1.2.1.1 株高相对生长速率的测定 采用张洁等^[3]的方法,在每次施药前用直尺测定植株第一片真叶叶柄基部至植株生长点的高度,采用 (1) 式计算株高相对生长速率。每处理分别取 5 株,单株测定,作为 5 次重复 (以下同)。

$$V = (\ln L_2 - \ln L_1) / (T_2 - T_1) \quad (1)$$

式中 V 为株高相对生长速率, T₁、T₂ 为取样时间, L₁、L₂ 为两次测定的株高。

1.2.1.2 茎粗净生长量和单位面积叶片质量的测定 采用张百俊等^[4]的方法,在每次施药前用游标卡尺测定植株主茎第 3 节位的直径,以 (2) 式求茎粗净生长量。

$$H = H_2 - H_1 \quad (2)$$

式中 H 为茎粗净生长量, H₁、H₂ 为两次测定的主茎直径。

第三次施药后 10 d 和 20 d 时分别测定第 2 花序下第 1 片叶的叶片厚度,用打孔器打取叶圆片后称鲜重,计算单位面积叶片质量。

1.2.2 净光合速率的测定 用 LI-6400 型便携式光合作用测定仪,按孙群^[5]、李国强等^[6]的方法分别在第三次施药后 1、3、7、11、15 d 测定叶片净光合速率 (Pn)、气孔导度 (Gs)、胞间 CO₂ 浓度 (Ci) 和蒸腾速率 (Tr)。

以上各指标测定时,各小区亦分别取 5 株,单株测定,作为 5 次重复。

1.2.3 光合色素含量的测定 分别在第三次施药后 1、3、7、11、15 d 用打孔器在植株第 3 片真叶顶端打取叶圆片^[6],参照王韶唐^[7]的方法测定光合色素含量。

1.2.4 果实前期产量的测定 分别在各处理区果实成熟时测定第 1、2 层花序果实单果重和前期产量,前期产量为第 1、2 层花序果实总重量。

1.3 数据分析

上述实验数据均采用 DPS 分析软件处理^[8]。

2 结果与分析

2.1 丙烷脒对番茄幼苗形态指标的影响

试验结果(表 1, 表 2 和图 1)表明, 丙烷脒对番茄长势有明显的调控作用, 且浓度越高, 作用越明显。第一次施药后第 7 d 及第二次施药后第 7 d, 丙烷脒各处理区番茄植株株高相对生长速率均极显著低于对照, 较对照减少了 4.02%~35.00%; 在各调查期内, 丙烷脒各处理区番茄植株茎粗净增长量均极显著高于对照, 较对照增加了 7.46%~151.96%; 而嘧霉胺处理与空白对照间无显著差

异。图 1 显示, 丙烷脒对番茄叶片形态有明显影响。施用丙烷脒后, 番茄叶片厚度增加, 但单位面积叶片质量减少: 第三次施药后 20 d, 丙烷脒各处理区番茄叶片厚度均极显著大于对照, 较对照增加了 3.33%~21.88%, 而嘧霉胺处理和空白对照间差异不显著, 丙烷脒各处理间亦无显著差异; 丙烷脒各处理区番茄单位面积叶片质量极显著小于对照, 较对照减少了 7.46%~13.95%, 但与嘧霉胺处理区无显著差异。

表 1 丙烷脒对番茄株高相对生长速率的影响*

Table 1 Effect of propanidide on relative growth rate of plant height of tomato

处理 Treatments/(g/hm ²)	株高相对生长速率 Relative growth rate of height V			
	第一次施药后第 7 d The 7th d after first treatment	第二次施药后第 7 d The 7th d after second treatment	第三次施药后第 7 d The 7th d after third treatment	第三次施药后第 14 d The 14th d after third treatment
空白对照 CK	0.173±0.003 A	0.098±0.002 A	0.067±0.001 A	0.046±0.003 A
嘧霉胺 Pyri 500 00	0.177±0.005 A	0.099±0.006 A	0.065±0.001 AB	0.046±0.004 A
丙烷脒 Prop 33 33	0.167±0.003 B	0.089±0.004 B	0.065±0.005 AB	0.045±0.004 A
丙烷脒 Prop 50 00	0.159±0.005 C	0.077±0.001 C	0.064±0.005 AB	0.044±0.003 A
丙烷脒 Prop 100 00	0.156±0.006 D	0.064±0.001 D	0.063±0.002 B	0.045±0.004 A

* 数字后的不同大写字母表示通过 Duncan 式新复极差分析在 $\alpha = 0.01$ 水平下的差异显著性, 下同。

* Capital letters after numbers mean significant difference at 0.01 levels Data processing by Duncan's new multiple range method. The same as below.

表 2 丙烷脒对番茄茎粗净增长量的影响

Table 2 Effect of propanidide on net increase of stem diameter of tomato

处理 Treatments/(g/hm ²)	茎粗净增长量 Net increase of stem diameter/(mm/7 d)			
	第一次施药后第 7 d The 7th d after first treatment	第二次施药后第 7 d The 7th d after second treatment	第三次施药后第 7 d The 7th d after third treatment	第三次施药后第 14 d The 14th d after third treatment
空白对照 CK	2.85±0.03 C	2.29±0.05 D	1.79±0.07 E	1.34±0.05 C
嘧霉胺 Pyri 500 00	3.01±0.06 B	1.91±0.04 E	2.90±0.06 D	1.41±0.02 BC
丙烷脒 Prop 33 33	3.39±0.07 A	2.89±0.06 C	3.50±0.06 C	1.44±0.03 B
丙烷脒 Prop 50 00	3.01±0.06 B	3.19±0.06 B	4.29±0.08 B	1.40±0.05 BC
丙烷脒 Prop 100 00	3.04±0.06 B	3.31±0.07 A	4.51±0.07 A	1.84±0.07 A

2.2 丙烷脒对番茄叶片光合色素含量的影响

试验结果(图 2)表明, 丙烷脒可显著增加番茄叶片光合色素含量。第三次施药后 1, 3, 7 d, 100.00 g/hm² 丙烷脒处理区番茄叶片叶绿素 a (Chl a) 含量显著高于其他处理区, 较对照增加了 11.18%~22.02%; 50.00 g/hm² 丙烷脒处理极显著高于 33.33 g/hm² 和嘧霉胺处理, 但与空白对照间无显著差异。第三次施药后 7 d, 50.00 及

100.00 g/hm² 丙烷脒处理区叶片叶绿素 b (Chl b) 含量与嘧霉胺处理间无显著差异, 但均显著高于 33.33 g/hm² 丙烷脒处理和空白对照。第三次施药后 1, 3, 7 d, 100.00 g/hm² 丙烷脒处理区叶片 Chl a+b 含量显著高于其他处理区, 较对照增加了 9.36%~15.17%; 50.00 g/hm² 丙烷脒处理与嘧霉胺处理间无显著差异, 33.33 g/hm² 丙烷脒处理与空白对照间亦无显著差异。第三次施药后

3 d, 50.00及 100.00 g/hm² 丙烷脒处理区番茄叶片类胡萝卜素 (Car) 含量极显著高于其他处理区, 较对照增加了 8.70% 和 13.04%; 33.33 g/hm² 丙

烷脒处理、啞霉胺处理和空白对照间无显著差异。第三次施药后 11 和 15 d, 各处理间各光合色素含量均无显著差异。

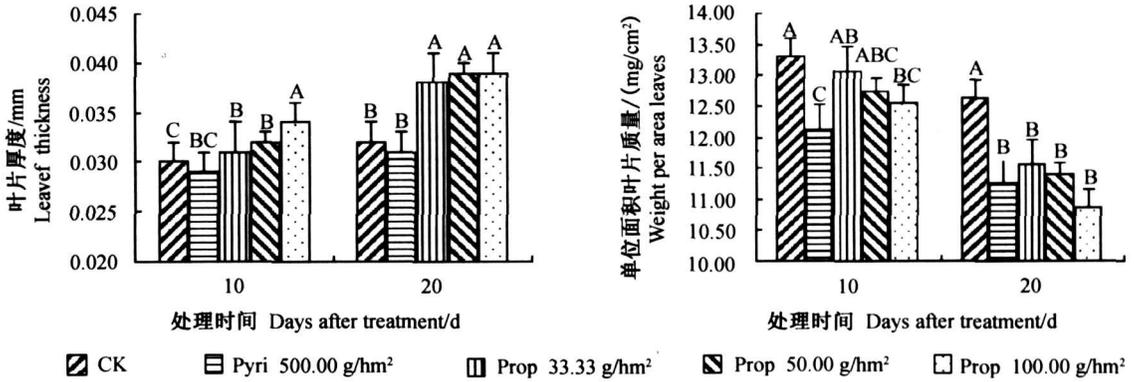


图 1 丙烷脒对番茄叶片形态的影响

Fig. 1 Effect of propamidine on shape of tomato leaves

* 图表中处理时间为第三次施药后天数, 下同。The day in the Figs is the days after third treatment, the same as below.

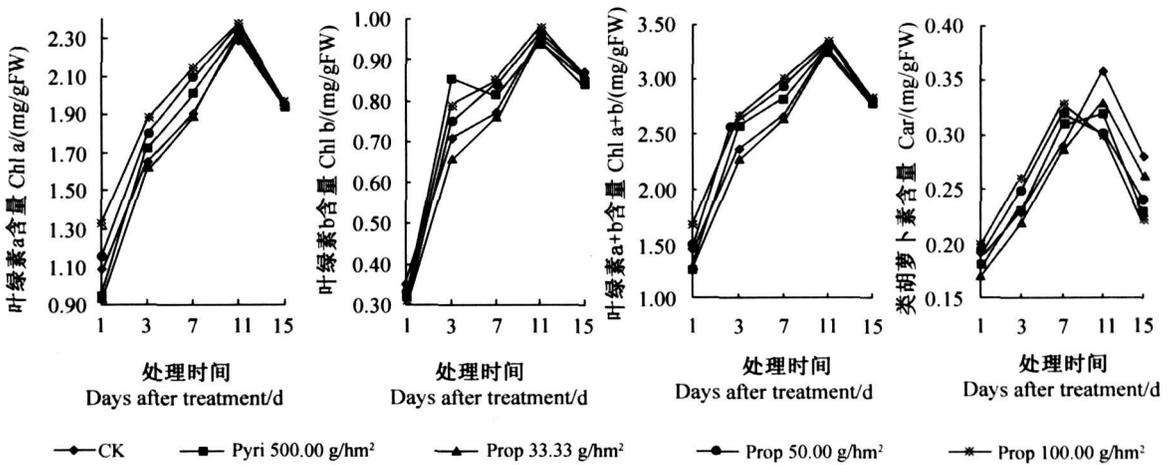


图 2 丙烷脒对番茄叶片光合色素含量的影响

Fig. 2 Effect of propamidine on photosynthetic pigment in leaves of tomato

2.3 丙烷脒对番茄幼苗叶片光合参数的影响

试验结果 (图 3) 表明, 丙烷脒具有增强番茄叶片光合能力的作用, 且浓度越低, 作用越显著。药剂处理后各调查期内, 丙烷脒处理区番茄叶片的 P_n, T_r 和 G_s 均极显著高于空白对照, 分别较对照增加了 4.24%~21.80%、18.18%~53.72% 和 2.17%~42.31%; C_i 极显著低于空白对照, 较对照降低了 2.4%~9.58%。丙烷脒施用剂量越小, 番茄叶片的 P_n, C_i 和 G_s 越大, T_r 越小; 丙烷脒增强番茄叶片光合能力的作用显著大于啞霉胺。

2.4 丙烷脒对番茄果实前期产量的影响

试验结果 (表 3) 表明, 丙烷脒可明显提高番茄前期产量, 且浓度越高, 增产效果越明显。50.00、100.00 g/hm² 丙烷脒处理区番茄第一层花序果实平均单果重极显著大于啞霉胺处理和空白对照, 较对照增加了 8.03%~31.02%; 33.33 g/hm² 丙烷脒、啞霉胺处理和空白对照间无显著差异; 各处理间番茄第二花序果实平均单果重无显著性差异。不同剂量丙烷脒处理区番茄前期产量均显著高于啞霉胺处理和空白对照, 较对照增加了 6.60%~25.70%。

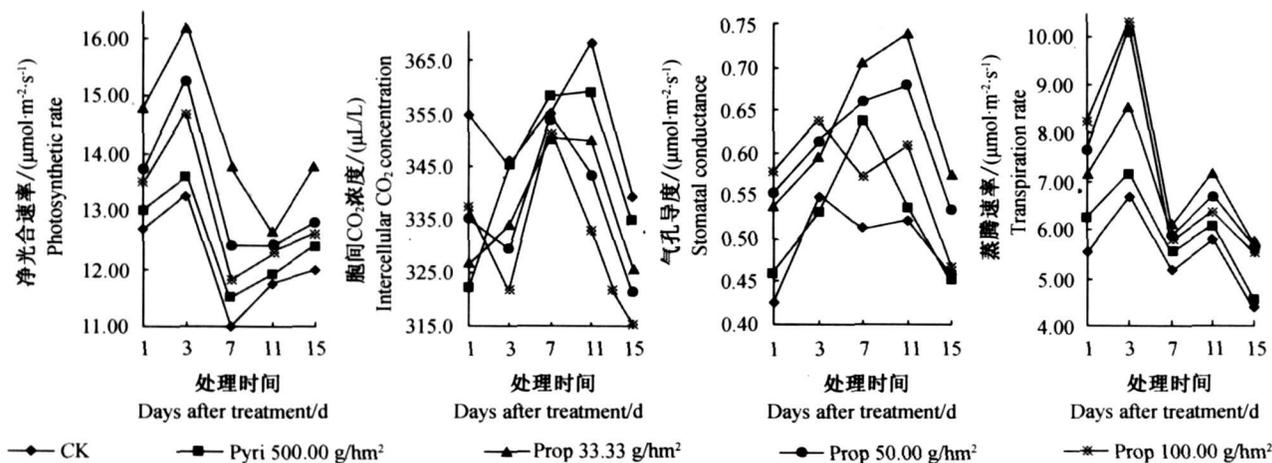


图 3 丙烷脒对番茄幼苗叶片光合参数的影响

Fig 3 Effect of propanidone on photosynthetic parameters in leaves of tomato

表 3 丙烷脒对番茄果实前期产量的影响

Table 3 Effect of propanidone on the prophase yield of tomato fruit

处理 Treatments/(g/hm ²)	平均单果重 Average weight per fruit/g		前期产量 Yield of prophase/(kg/hm ²)
	第一层花序 The first inflorescence	第二层花序 The second inflorescence	
空白对照 CK	98.89 C	99.80 A	3246.84 D
嘧霉胺 Pyri 500.00	99.45 C	98.07 A	3201.28 D
丙烷脒 Prop 33.33	106.83 BC	111.23 A	3461.13 C
丙烷脒 Prop 50.00	119.36 AB	108.82 A	3847.10 B
丙烷脒 Prop 100.00	129.57 A	106.82 A	4081.21 A

3 小结与讨论

3.1 丙烷脒对番茄植株长势有明显的调控作用,并可显著提高前期产量

前期研究表明,丙烷脒对番茄、黄瓜、草莓等作物上灰霉病的防效优于嘧霉胺和速克灵^[2,9];同时,在推荐剂量(75~100 g/hm²)下,丙烷脒处理的作物长势也明显优于对照药剂嘧霉胺和空白对照,施用丙烷脒的番茄、黄瓜等作物植株生长点明显,开花多,长势好^[1,2]。

本研究结果表明,施用丙烷脒后,番茄植株株高降低、茎粗增加,说明丙烷脒确有壮苗效应,可显著促进作物生长,且其调控作用显著大于对照药剂嘧霉胺;丙烷脒处理后,番茄植株第一花序果实平均单果重和前期产量均显著高于嘧霉胺处理和空白对照,且浓度越大,增产效果越明显。可见,适宜剂量的丙烷脒处理不仅可以防治作物主要病害,还可作为一项壮苗和增产的技术措施,具有较好的推广应用价值。

3.2 丙烷脒可显著增强番茄叶片光合作用

试验结果表明,丙烷脒对番茄叶片光合作用有显著影响,这可能与可显著增加番茄叶片中光合色素含量和显著提高光合速率有关。

首先,丙烷脒可显著增加番茄叶片中光合色素含量。施用丙烷脒后,番茄叶片中光合色素(Chl a Chl b Chl a + b Car)含量显著增加;且丙烷脒对 Chl a 含量的影响比对 Chl b 的影响要大,即 Chl a 含量增加幅度大,使 Chl a/b 值增大。一方面,Chl a/b 值增大有利于作用中心对光能的即时转换并提高光合活性^[10];另一方面,Car 含量的增加会使叶绿素分子避免遭到破坏,从而增大光合速率^[10,11]。

其二,丙烷脒可显著提高番茄叶片光合速率。本研究证实,施用丙烷脒后,番茄叶片 Pn、Gs 和 Tr 值增大, Ci 值减小,且丙烷脒施用剂量与光合参数的变化间呈负相关性。光合参数中 Pn 值的增大会使同化物积累量增加,使植株生长势增强和干物质积累量变大;Tr 值增大必然增强蒸腾拉力,

进而加速水分和矿质营养的吸收和运输速率; G_s 值的增大则会使光合底物传导能力提高, 有利于光合作用的正常进行。Farquhar 等人^[12-13]认为, 在干旱等胁迫下, C_i 是评判气孔限制和非气孔限制的依据。 P_n , G_s 和 C_i 值同时下降时, P_n 的下降为气孔限制; 相反, 如果 P_n 的降低伴随着 C_i 的提高, 则说明光合作用的限制因素是非气孔限制^[13]。从试验结果可以看出, 丙烷脒处理植株光合作用的限制因素更接近非气孔限制。

因此, 施用丙烷脒可明显提高番茄叶片光合能力, 加速水分和矿质营养的吸收和运输速率, 增强植株生长势和干物质积累。

3.3 不同剂量丙烷脒处理后叶绿素含量与光合速率间的相互关系值得进一步研究

试验结果(图 3)表明, 在营养生长的主要生育期内, 随着丙烷脒处理剂量的增大, 番茄叶片光合速率下降, 而叶绿素含量保持升高趋势, 两者变化并不一致。叶片的叶绿素含量与光合速率关系密切, 很多研究都表明叶绿素含量与光合速率呈显著正相关^[14-16]。在本研究中, 丙烷脒处理组叶绿素含量和光合速率均高于空白对照, 这与类似研究结果相似。但从不同剂量丙烷脒处理之间来看, 叶绿素含量高的其净光合速率反而低, 二者呈负相关性。其原因可能有以下三个方面: 首先可能是丙烷脒处理使番茄叶片结构发生变化, 从而对光合速率产生一定影响。叶片的结构如厚度、栅栏组织与海绵组织的比例、叶绿体和类囊体的数目等都对光合速率有影响^[17]。由图 1 可以看出, 丙烷脒处理区番茄叶片厚度显著大于空白对照和噁霉胺处理, 丙烷脒各剂量处理间虽然无显著差异, 但高剂量处理区叶片厚度仍略高于低剂量处理区。其次, 可能是蔗糖的反馈抑制及淀粉粒的遮光作用影响了丙烷脒高剂量处理区叶片的光合速率。丙烷脒处理使番茄叶片光合色素含量增加, 势必会增加其光合产物的积累, 而光合产物(蔗糖)从叶片中输出的速率会影响叶片的光合速率。最后, 叶绿素含量可能只是番茄叶片对光强适应性反应或氮素营养的标志, 它并不总是与光合速率保持一致^[15]。对番茄等 C_3 植物来说, 光合速率光饱和现象是由于光合作用暗反应跟不上光反应而引起的^[18]。低剂量丙烷脒处理区番茄叶片光合速率的增强, 可能主要是由暗反应机能降

低引起的, 但此时保持较高的叶绿素含量, 可使叶片有较高的光能捕获能力, 从而保持较高的光合速率。

值得指出的是, 丙烷脒处理使番茄叶片厚度增加, 但单位面积叶片质量反而减少, 推测其原因可能是丙烷脒使番茄叶片组织结构发生变化或者使叶片含水量降低, 具体仍需进一步研究证实。此外, 丙烷脒在显著提高番茄产量的同时是否能够改善果实品质亦有待于进一步研究。

参考文献:

- [1] CHEN An-liang (陈安良). Research and Development of the Novel Irrational Fungicide-propanilide (丙烷脒杀菌剂开发研究) [D]. Yangling Shaanxi (陕西杨凌): Northwest A & F University (西北农林科技大学), 2004.
- [2] ZHANG Xing (张兴), CHEN An-liang (陈安良), FENG Juntao (冯俊涛). 新型杀菌剂丙烷脒开发研究 [C] / 第三届全国绿色环保农药新技术、新产品交流会暨第二届全国生物农药研讨会论文集. Wuhan (武汉): 2004: 337-343
- [3] ZHANG Jie (张洁), LITian-ka (李天来), XU Jing (徐晶). 昼间亚高温对日光温室番茄生长发育、产量及品质的影响 [J]. Chin J Appl Ecology (应用生态学报), 2005, 16 (6): 1051-1055
- [4] ZHANG Bai-jun (张百俊), CHEN Bi-hua (陈碧华), LIZhen-xia (李贞霞), et al. 云大-120 对番茄生长发育及果实品质的影响 [J]. J Anhui Agric Sci (安徽农业科学), 2005, 33 (8): 1413-1422
- [5] SUN Qun (孙群), HU Jing-jiang (胡景江). Research Technology of Plant Physiology (植物生理学研究技术) [M]. Yangling (杨凌): Northwest A & F University Press (西北农林科技大学出版社), 2005
- [6] LI Guo-qiang (李国强), QI Ming-fang (齐明芳), LITian-ka (李天来), et al. 夜间低温后恢复期番茄幼苗光合作用和生长发育的变化 [J]. J Shenyang Agric Univ (沈阳农业大学学报), 2006, 37 (3): 491-494
- [7] WANG Shao-tang (王韶唐). Experimentation of Plant Physiology (植物生理学实验指导) [M]. Xi'an (西安): Shaanxi Scientific & Technical Publishers (陕西科学技术出版社), 1987.
- [8] TANG Qi-yi (唐启义), FENG Ming-guang (冯明光). Data Processing System for Practical Statistics (实用统计分析及其 DPS 数据处理系统) [M]. Beijing (北京): Science Press (科学出版社), 2002: 53-55, 393-400
- [9] CHEN An-liang (陈安良), LIAN Ying-jiang (廉应江), YE Hai-yang (叶海洋), et al. 丙烷脒防治番茄灰霉病效果初报 [J]. Chin Agric Sci Bull (中国农学通报), 2005, 21 (11): 301-303
- [10] MEI Zhen-an (梅镇安). 离体叶绿体中不同叶绿素 a/b 比与光合磷酸化活性的关系 [J]. J Plant Physiol (植物生理学

报), 1965, 2(3): 179-184

- [11] ZHANG Qi-de(张其得), LU Cong-ming(卢从明), LIU Li-na(刘丽娜), et al. CO₂ 倍增对不同基因型大豆光合色素含量和荧光诱导动力学参数的影响 [J]. Acta Botanica Sinica (植物学报), 1997, 39(10): 946-950.
- [12] GRAHAM D, PATTERSON B D. Responses of Plants to Low Non-freezing Temperature: Proteins Metabolism and Acclimation [J]. Annu Rev Plant Physiol, 1982, 33: 347-372.
- [13] FARQUHAR G D, SHARKEY T D. Stomatal Conductance and Photosynthesis [J]. Ann Res Plant Physiol, 1982, 33: 317-342.
- [14] LIU Zhen-qi(刘贞琦), LIU Zhen-ye(刘振业), MA Da-teng(马达腾). 水稻叶绿素含量及其与光合速率关系的研究 [J]. Acta Agronomica Sinica(作物学报), 1984, 10: 55-61.
- [15] LIU Yan-zhuo(刘彦卓), HUANG Nong-rong(黄农荣), HUANG Qi-mei(黄秋妹), et al. 晚季不同类型高产水稻品种光合速率和叶绿素含量变化研究初报 [J]. Guangdong Agric Sci(广东农业科学), 2000(1): 2-4.
- [16] MENG Jun(孟军), CHEN Wen-fu(陈温福), XU Zheng-jin

(徐正进), et al. 水稻剑叶净光合速率与叶绿素含量的研究初报 [J]. J Shenyang Agric Univ(沈阳农业大学学报), 2001, 32: 247-249

- [17] PAN Rui-zhi(潘瑞炽). Plant Physiology(植物生理学) [M]. Beijing(北京): Higher Education Press(高等教育出版社), 2001: 59-67.
- [18] Ymurata(村田吉男). Crop Photosynthesis and Ecology-theoretics and Practice of Crop Production(作物的光合作用与生态——作物生产的理论及应用) [M]. WU Yao-peng(吴尧鹏), 译. Shanghai(上海): Shanghai Scientific & Technical Publishers(上海科学技术出版社), 1982: 65-68, 215-216.

(Ed. TANG J)

2007年《农药学学报》部分审稿专家

(按姓氏拼音排序)

曹永松	陈福良	陈馥衡	陈昆松	陈万义	高希武	高学文	龚勇	韩丽君	何钟佩	贺红武
侯太平	侯玉霞	蒋志胜	冷欣夫	李顺鹏	李香菊	李照会	刘长令	刘峰	刘凤权	刘维屏
刘西莉	刘贤进	罗小民	马恒麟	马永清	马忠华	倪汉文	欧晓明	潘灿平	钱传范	乔雄梧
覃兆海	邱立红	芮昌辉	单正军	折东梅	石旺鹏	陶传江	陶黎明	屠豫钦	王保民	王道全
王捷	王金信	王进军	王明安	王文桥	王忠文	吴奎华	吴文君	吴益东	伍宁丰	伍一军
席真	向文胜	徐汉虹	徐军	杨代斌	杨光富	姚佩佩	俞晓平	虞云龙	袁会珠	袁善奎
张朝贤	张红艳	张文吉	张一宾	张友军	张钟宁	周明国	朱国念	朱金文		

在此本刊编辑部及广大作者、读者对各位审稿专家严谨治学的态度和无私的奉献精神致以崇高的敬意和诚挚的感谢! 希望您能一如既往地对本刊给予支持和帮助!

《农药学学报》编辑部

2008年3月