

# 柱枝孢叶斑病侵染对牡丹生理特性的影响

杨德翠, 郑国生

(青岛农业大学 生命科学院, 山东省高校植物生物技术重点实验室, 山东 青岛 266109)

**摘要:**以牡丹‘藏枝红’为试材,研究了柱枝孢叶斑病(*Cylindrocladium canadense*)侵染对牡丹生理特性的影响。结果表明:病原菌侵染后牡丹叶片净光合速率(Pn)和光合色素含量显著降低,同时表观量子效率和羧化效率均显著下降,表明侵染增强了牡丹叶片的光抑制;*C. canadense*侵染后,抗氧化酶活性发生显著变化,超氧化物歧化酶(SOD)和过氧化氢酶(CAT)活性在侵染5 d先略有升高,然后呈显著下降趋势;过氧化物酶(POD)和抗坏血酸过氧化物酶(APX)活性一直呈下降趋势; $O_2^-$ 产生速率和 $H_2O_2$ 积累量明显增加,丙二醛(MDA)含量显著升高。*C. canadense*侵染使抗氧化酶活性有不同程度的下降,导致活性氧(ROS)含量增加,对生物膜系统造成伤害,从而降低了牡丹叶片的光合能力。

**关键词:**牡丹;柱枝孢叶斑病(*Cylindrocladium canadense*);生理特性

**中图分类号:**S 685.11 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2014)01-0057-05

牡丹(*Paeonia suffruticosa* Andr.)有“花中之王”的美誉,具有极高的观赏价值,牡丹的“丹皮”是名贵的中草药,而牡丹籽含油量和营养价值更日益受到重视。但随着栽培面积的增加,牡丹病害也在逐年加重,严重影响着出口创汇。

《中国牡丹全书》<sup>[1]</sup>概括了我国各地牡丹病害有20余种。牡丹病害使得植株长势弱、花小而色衰、影响“丹皮”品质,阻碍牡丹产业化发展。由病原菌柱枝孢叶斑病(*Cylindrocladium canadense*)侵染引起的牡丹柱枝孢叶斑病<sup>[2-3]</sup>发生普遍,严重时病斑相连,造成叶片失绿焦枯。

与牡丹种植相比,牡丹病害的研究相对滞后,目前,

仅限于对某些病害病原菌的鉴定与防治,但牡丹与病原菌互作过程中的生理生化变化却鲜有报道,这将成为植物病理生理研究的热点。

许多植物感病后叶绿素降解,光合速率下降<sup>[4-5]</sup>。牡丹的光合作用降低会影响花芽的分化和开花的质量<sup>[6]</sup>。该试验研究了*C. canadense*侵染对牡丹光合和生理特性的影响及柱枝孢菌侵染牡丹后牡丹抗氧化酶活性和活性氧含量的变化,以期为牡丹柱孢菌叶斑病的防治及培育牡丹壮苗提供理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

供试材料为4 a生牡丹‘藏枝红’,于2011年10月从山东菏泽购入,栽植于花盆(45 cm × 32 cm)中,大田越冬。2012年3月中旬移入温室培养,常规浇水施肥,温度20~30℃,植株生长健壮。

病原菌柱枝孢叶斑病(*Cylindrocladium canadense*)是从牡丹病叶上用组织分离法分离并鉴定的菌种,由山东省高校植物生物技术重点实验室保存。病原菌的培养及对牡丹植株的处理方法参照杨德翠等<sup>[7]</sup>的处理方法。

**第一作者简介:**杨德翠(1974-),女,博士,讲师,现主要从事逆境生理与分子生物学等研究工作。E-mail:decuiyang@163.com.

**责任作者:**郑国生(1955-),男,博士,教授,现主要从事生理与分子生物等研究工作。E-mail:gszheng@qau.edu.cn.

**基金项目:**山东省农业良种工程重大资助项目(鲁科农字[2008]167号)。

**收稿日期:**2013-09-13

screen suitable condition of breaking dormancy and seeds germination. The results showed that  $GA_3$  treatment could quickly break seed dormancy and promoted seed germination, there were significant differences on concentration of  $GA_3$  and soaking time of seed germination ( $P < 0.05$ ). Germination rate, germination energy, soluble sugar content and soluble protein content of seeds achieved the highest at 200 mg/L  $GA_3$  soaking seeds for 24 h. Under the variable temperature of 20℃/25℃ (12 h/12 h) and illumination of 12 h/12 h (light/dark) achieved the best germination effect.

**Key words:** *Syringa reticulata* ssp. *amurensis*; seeds;  $GA_3$ ; temperature; light; germination rate; soluble sugar; soluble protein

## 1.2 试验方法

该试验以蒸馏水喷施牡丹植株为对照,以 *C. canadense* 菌液喷施为处理,分别在接种后第 0、5、10、15、20、30 天上午 9:00 取样,取牡丹植株倒 2、3 功能叶,在距离病斑中心约 1.5 cm 处取样,剔除坏死组织,将叶片剪碎混匀,液氮速冻, -70℃ 超低温保存,用于生理指标的测定。

## 1.3 项目测定

1.3.1 牡丹叶片光合性能的测定 所用仪器为英国 PP Systems 公司便携式光合仪 CIRAS-1。气体交换参数测定:在病原菌处理的 0、5、10、15、20、30 d,夹取牡丹植株上倒 2、3 功能叶,于病斑中心 1.5 cm 处进行测定,用仪器自带二极管提供光源,饱和光强设置为 800  $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ,  $\text{CO}_2$  浓度为 350  $\mu\text{mol}/\text{mol}$ ,测定温度 25℃,相对湿度 45%。上午 9:00~11:00 测定牡丹的净光合速率(Pn),3 次重复。光强-光合响应曲线的测定:在病原菌处理牡丹约 30 d 时,测定牡丹的光强-光合响应曲线。叶温和  $\text{CO}_2$  浓度测定:使用仪器的自控系统进行,测定条件为  $\text{CO}_2$  浓度 350  $\mu\text{mol} \cdot \text{mol}^{-1}$ 、温度 25℃、相对湿度 45%、光强 0~1 800  $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ,参照李鹏民等<sup>[8]</sup>的测定方法。制作光强-光合响应曲线,以曲线的初始斜率作为表观量子效率(AQY)。 $\text{CO}_2$ -光合响应曲线的测定:在 1 200  $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$  的光强下测定  $\text{CO}_2$ -光合响应曲线, $\text{CO}_2$  浓度为 0~1 500  $\mu\text{mol}/\text{mol}$  下测定 Pn,方法参照李鹏民等<sup>[8]</sup>的方法。制作  $\text{CO}_2$ -光合响应曲线,并求曲线的初始斜率作为羧化效率(CE)。

1.3.2 叶绿素含量的测定 叶绿素含量测定参考 Arnon<sup>[9]</sup> 的方法,略有改动。称取材料 0.1 g,浸入 10 mL 80% 丙酮中暗处浸提 48 h,中间摇动几次,待色素全部溶于提取液中,用 U-2900 分光光度计(日立、日本)分别测定 663、645、470 nm 处的光密度值,计算叶绿素 a 和叶绿素 b、叶绿素 a/b 以及类胡萝卜素的含量,重复 3 次。

1.3.3 抗氧化酶活性的测定 酶液的提取:取 0.5 g 材料,于预冷的研钵中,加入 10 mL 0.1 M 磷酸缓冲液(pH 7.0,内含 1% PVP),于 10 000 r/min 离心 15 min,上清

液即为粗酶液,置于 4℃ 冰箱保存,待测抗氧化酶活性。超氧化物歧化酶(SOD)活性的测定和过氧化物酶(POD)活性的测定,均参照刘家尧等<sup>[10]</sup>的方法;过氧化氢酶(CAT)活性测定参照 Aebi 的方法<sup>[11]</sup>;抗坏血酸过氧化物酶(APX)活性的测定参考郝再彬等<sup>[12]</sup>的方法。

1.3.4 超氧阴离子自由基( $\text{O}_2^-$ )产生速率和过氧化氢( $\text{H}_2\text{O}_2$ )含量的测定 超氧阴离子自由基产生速率采用羟胺-对氨基苯磺酸法测定<sup>[13]</sup>;  $\text{H}_2\text{O}_2$  含量参照郝再彬等<sup>[12]</sup>的方法测定,有改动,取材料 0.5 g,加 5.0 mL 预冷丙酮研磨成匀浆,4 000 r/min 离心 10 min。取上清液 1 mL,依次加 0.1 mL 的硫酸钛和 0.2 mL 的浓氨水,摇匀,反应结束后,再次离心后弃上清液。用预冷丙酮洗沉淀 3~5 次,直至上清液无色。然后用 2.0 mL 的硫酸和 2.0 mL 的蒸馏水溶解沉淀,在 415 nm 下比色,根据光密度值从标准曲线上求得  $\text{H}_2\text{O}_2$  含量,3 次重复。

1.3.5 丙二醛(MDA)含量 参考郝再彬等<sup>[12]</sup>的方法测定。

## 1.4 数据分析

试验数据均采用 Excel、SAS 8.1 软件进行差异显著性分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 *C. canadense* 侵染对牡丹光合色素含量的影响

叶绿体色素参与对光能的吸收、传递与转化过程,因此,色素含量高低直接影响植物的光合能力。由表 1 可知,随侵染时间延长,叶绿素 a、b、类胡萝卜素含量以及叶绿素 a/b 均有不同程度下降,但不同色素下降程度不同。叶绿素 a 降解明显,叶绿素 b 和类胡萝卜素下降相对缓慢。少部分的叶绿素 a 构成了反应中心色素,部分叶绿素 a 和全部的叶绿素 b 和类胡萝卜素构成了天线色素。病原菌侵染使叶绿素 a/b 的降低,说明侵染不仅破坏了大量天线色素,更严重破坏了反应中心色素。类胡萝卜素不只是用于光能的吸收,在植物体内还有清除活性氧的功能,因此,类胡萝卜素含量的不断下降,也降低了活性氧的清除能力。

表 1 *C. canadense* 侵染牡丹叶片后不同天数光合色素含量的变化

Table 1 Changes of photosynthetic pigment content in tree peony leaves infected by *C. canadense* for different days

接种后天数 Days after infection/d	叶绿素 a 含量 Chl a content/mg · g <sup>-1</sup>	叶绿素 b 含量 Chl b content/mg · g <sup>-1</sup>	叶绿素 a/b 比值 Ratio of Chl a/b	类胡萝卜素含量 Carotenoid content/mg · g <sup>-1</sup>
0	1.45 ± 0.10 a	0.56 ± 0.05 a	2.58 ± 0.04 a	0.20 ± 0.014 a
5	1.39 ± 0.03 ab	0.55 ± 0.05 a	2.55 ± 0.22 a	0.19 ± 0.014 ab
10	1.27 ± 0.06 b	0.56 ± 0.02 a	2.53 ± 0.07 a	0.18 ± 0.008 abc
15	1.14 ± 0.05 c	0.45 ± 0.03 b	2.46 ± 0.06 ab	0.16 ± 0.020 bc
20	1.00 ± 0.09 d	0.41 ± 0.03 b	2.28 ± 0.09 b	0.15 ± 0.020 c
30	0.68 ± 0.04 e	0.33 ± 0.01 c	2.07 ± 0.03 c	0.15 ± 0.011 c

注:同一列标注不同字母表示数据显著性差异( $P < 0.05$ )。下同。

Note: Different letters in the same column mean significant differences ( $P < 0.05$ ). The same below.

## 2.2 *C. canadense* 侵染对牡丹光合性能的影响

许多植物被病原菌侵染后,净光合速率(Pn)都会有不同程度的下降。由图 1 看出,牡丹感染柱枝孢叶斑病后,其 Pn 在不断下降,在 15 d 时下降达到显著水平。

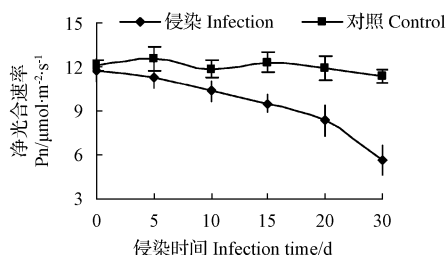


图 1 *C. canadense* 侵染对牡丹净光合速率的影响

Fig. 1 Effect of infected by *C. canadense* for different days on Pn in tree peony leaves

由图 2 牡丹 Pn 对不同光强的响应曲线可以看出,在低光区,Pn 随光强的增加呈比例上升,初始斜率就是表观量子效率(AQY),从图 2 还能直观的看出 2 条光强-光饱和曲线有显著差异。对照和处理的 Pn 补偿点分别为 31.95、40.48  $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ,光饱和点分别为 800、600  $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ,而表观量子效率分别为

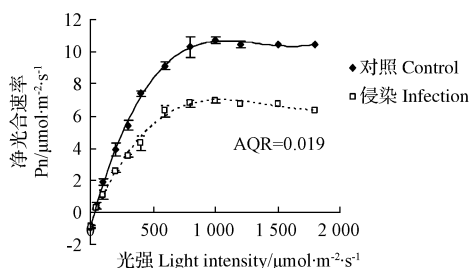


图 2 *C. canadense* 侵染牡丹叶片的光响应曲线

Fig. 2 Photosynthesis-light response curves in tree peony leaves

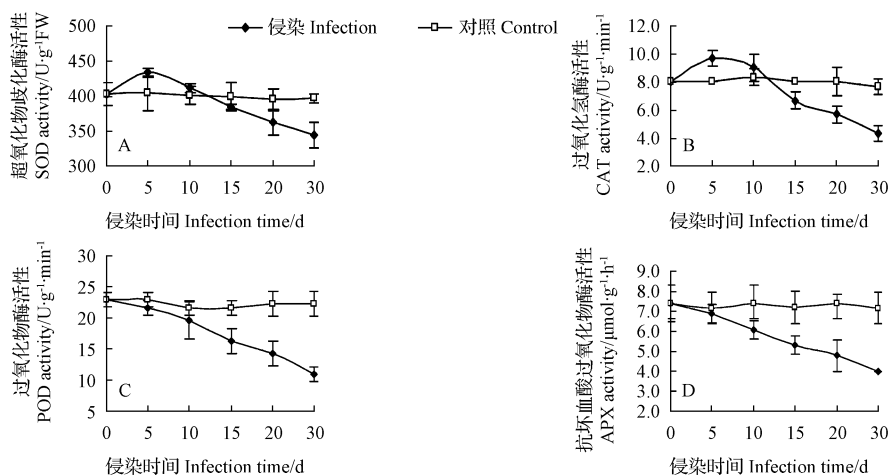


图 4 *C. canadense* 侵染对牡丹 SOD、CAT、POD 和 APX 活性的影响

Fig. 4 Effect of infected by *C. canadense* for different days on SOD, CAT, POD and APX activity in tree peony leaves

$\text{CO}_2$  0.028、0.019  $\mu\text{mol}/\mu\text{mol photon}$ 。这说明 *C. canadense* 侵染降低了光合机构对光能的利用。

由图 3 可以看出,*C. canadense* 侵染 30 d 时 Pn 对  $\text{CO}_2$  的响应曲线与 Pn 对不同光强的响应相似。对照与处理趋势也相似,但对照和处理的  $\text{CO}_2$  补偿点分别为 65.8、116.5  $\mu\text{mol}/\text{mol}$ ,Pn 的最大值( $P_m$ )分别为 13.1、9.0  $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ , $\text{CO}_2$  饱和点(CSP)分别为 1200、1000  $\mu\text{mol}/\text{mol}$ ,而羧化效率分别为 0.052 和 0.041  $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 。研究证明,光合作用的羧化效率(CE)与 Rubisco 活性密切相关<sup>[14]</sup>,*C. canadense* 侵染牡丹叶片后 CE 显著下降,表明 Rubisco 活性受到抑制,Rubisco 通过影响碳同化而导致净光合速率降低。

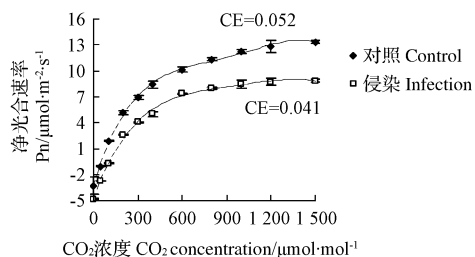


图 3 *C. canadense* 侵染牡丹叶片 Pn 对  $\text{CO}_2$  浓度的响应曲线

Fig. 3 Photosynthesis- $\text{CO}_2$  response curves in tree peony leaves

## 2.3 *C. canadense* 侵染对牡丹叶片抗氧化酶活性的影响

活性氧(ROS)对植物有极强的毒害作用,但植物体内存在清除 ROS 的保护酶系统,其中超氧化物歧化酶(SOD)、过氧化氢酶(CAT)、过氧化物酶(POD)和抗坏血酸过氧化物酶(APX)是植物体内 ROS 清除的重要酶类。在各种生物胁迫或非生物胁迫下,植物抗氧化酶的活性往往会发生变化,从而影响到对 ROS 的清除能力。

由图 4 A 可知,病原菌侵染后牡丹 SOD 活性在 5 d 时有显著升高,以增加  $\text{O}_2^-$  清除能力,减轻  $\text{O}_2^-$  对细胞的伤害。但随着侵染时间的延长,SOD 活性开始有所下降,

与对照相比,到 30 d 时 SOD 活性下降了 16.7%。CAT 活性的变化与 SOD 表现出了相同的变化趋势,均为先升高后降低。但 CAT 活性在 5 d 时稍有升高,并不显著,随着侵染时间的延长,CAT 活性快速下降,到 30 d 时活性下降了 45.9%。

POD 和 APX 都是清除  $H_2O_2$  的重要酶类,*C. canadense* 侵染对 POD 和 APX 活性的影响相似(图 4 C 和图 4 D),二者都在病原菌侵染后表现为酶活性的显著下降,在处理 30 d 时 POD 和 APX 活性分别下降了 53.0% 和 46.4%。在该研究中,*C. canadense* 长时间侵染造成了抗氧化酶活性不同程度的下降,ROS 清除能力下降。

#### 2.4 *C. canadense* 侵染对牡丹叶片超氧阴离子自由基( $O_2^{\cdot-}$ )和过氧化氢( $H_2O_2$ )的影响

在病原菌侵染植物过程中往往伴随着 ROS 含量的升高<sup>[15-17]</sup>。*C. canadense* 侵染对牡丹叶片内  $O_2^{\cdot-}$  产生速率影响见图 5 A。随着侵染时间延长,植物组织内  $O_2^{\cdot-}$  的产生速率呈上升趋势,在 30 d 时增加了 116.1%。同时, $H_2O_2$  含量显著升高(图 5 B),在处理 30 d  $H_2O_2$  含量分别比对照增加了 126.6%。 $H_2O_2$  增加认为与植物的抗病性相关,但当  $H_2O_2$  长时间过量积累就会对植物造成伤害。在侵染后植物体内的  $O_2^{\cdot-}$  和  $H_2O_2$  增加趋势一致,说明 *C. canadense* 造成牡丹体内活性氧的显著增加。

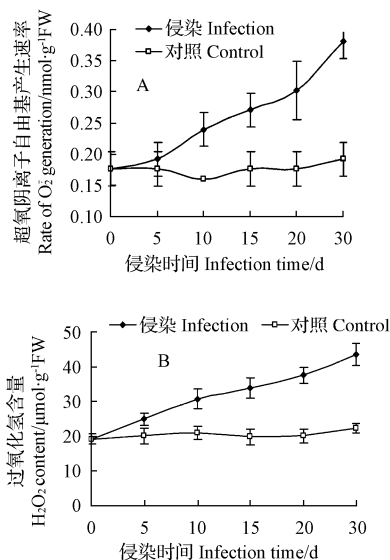


图 5 *C. canadense* 侵染对牡丹  $O_2^{\cdot-}$  产生速率(A)和  $H_2O_2$  含量(B)的影响

Fig. 5 Effect of infected by *C. canadense* for different days on the generation rate of  $O_2^{\cdot-}$  (A) and  $H_2O_2$  content (B) in tree peony leaves

#### 2.5 *C. canadense* 侵染对牡丹叶片丙二醛(MDA)含量影响

丙二醛(MDA)是细胞膜脂过氧化的最终产物,其含量高低通常表示膜脂受伤害的程度<sup>[18-19]</sup>。由图 6 可以看出,随着 *C. canadense* 侵染时间的延长,植物体内 MDA 含量显著增加。在侵染 30 d 时植物体内 MDA 含量比对照增加 107%,说明植物的膜系统受伤害严重,MDA 显著升高。

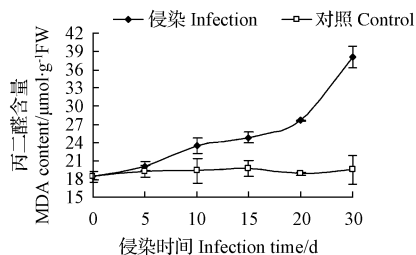


图 6 *C. canadense* 侵染对牡丹叶片丙二醛含量的影响

Fig. 6 Effect of infected by *C. canadense* for different days on MDA content in tree peony leaves

### 3 讨论

许多病原菌侵染植物都会导致其光合速率下降<sup>[4-5]</sup>。该研究中牡丹感染柱枝孢叶斑病后净光合速率(Pn)在不断增加,这与条锈病对小麦光合作用的影响相似<sup>[18]</sup>。从牡丹感病后表观量子效率(AQY)和羧化效率(CE)显著降低分析,侵染后牡丹叶片对光能的利用率降低,光抑制增强。

在病原菌-植物互作过程中,可引起植物组织活性氧突增<sup>[17]</sup>。该研究中 *C. canadense* 侵染造成  $O_2^{\cdot-}$  和  $H_2O_2$  的大量积累,这在多种病原菌对植物的侵染中可观察到<sup>[15]</sup>。为了减轻活性氧的伤害,植物在长期的进化过程中形成了一系列的防御机制<sup>[19-20]</sup>。其中抗氧化酶就是最重要的一种。牡丹感病后 SOD 活性呈现先升高后降低的趋势,这与抗病品种大白菜感染黑腐病时叶片 SOD 活性反应相似<sup>[16]</sup>。CAT 活性表现出了与 SOD 活性相同的趋势,而牡丹 POD 活性和 APX 活性一直在显著下降。抗氧化酶活性的不同程度的下降,使得 ROS 的含量在不断的增加。ROS 可直接破坏膜系统,MDA 含量高低是膜脂过氧化的重要指标<sup>[21-22]</sup>。*C. canadense* 侵染后 MDA 含量明显升高,这说明发生膜脂过氧化作用。光合作用中光能的吸收、传递和转换都在类囊体膜上进行<sup>[23]</sup>,膜系统的伤害必然会影响到位于类囊体膜上的 PSI 和 PSII,从而降低光合速率。已有研究证明高浓度的 ROS 抑制  $CO_2$  的固定,参与叶绿素的降解<sup>[16,24]</sup>。因此 *C. canadense* 侵染通过对光反应和暗反应的抑制,减少了对光能的利用,降低了 Pn。



该研究对 *C. canadense* 对牡丹生理特性的影响进行了研究,为牡丹柱枝孢叶斑病的正确防治以及牡丹的抗病育种提供了重要的理论依据。

### 参考文献

- [1] 蓝保卿,李嘉钰,段全绪. 中国牡丹全书[M]. 北京:中国科学技术出版社,2003.
- [2] 赵丹,康业斌. 洛阳牡丹新病害-柱枝孢叶斑病[J]. 植物保护,2012,38(1):177-179.
- [3] Li N,Zhao X L,Liu A X,et al. Brown spot disease of tree peony caused by *Cylindrocladium canadense* in China [J]. J Gen Plant pathol,2010,76(4):295-298.
- [4] Funayama S,Hikosaka K,Yahara T. Effects of virus infection and growth irradiance on fitness components and photosynthetic properties of *Eupatorium makinoi* (Compositae)[J]. Am J Bot,1997,84(6):823-829.
- [5] Zhou Y H,Peng Y H,Lei J L,et al. Effects of potato virus Y<sup>NIN</sup> infection on gas exchange and photosystem 2 function in leaves of *Solanum tuberosum* L. [J]. Photosynthetica,2004,42(3):417-423.
- [6] 何秀丽. 大田牡丹光合特性的研究[D]. 泰安:山东农业大学,2005.
- [7] 杨德翠,刘超,盖树鹏,等. 牡丹柱枝孢叶斑病(*Cylindrocladium canadense*)对叶片光合系统功能的影响[J]. 园艺学报,2013,40(3):515-522.
- [8] 李鹏民,高辉远,邹琦,等. 5 种国兰(*Cymbidium*)的光合特性[J]. 园艺学报,2005,32(1):151-154.
- [9] Arnon D I. Copper Enzymes in Isolated Chloroplasts. Polyphenoloxidase in *Beta vulgaris*[J]. Plant Physiol,1949,24(1):1-15.
- [10] 刘家尧,刘新. 植物生理学实验教程[M]. 北京:高等教育出版社,2010.
- [11] Aebi H. Catalase in vitro[J]. Methods Enzymol,1984,105:121-126.
- [12] 郝再彬,苍晶,徐仲. 植物生理实验技术[M]. 哈尔滨:哈尔滨出版社,2002.
- [13] 王爱国,罗广华. 植物的超氧阴离子自由基与羟胺的定量关系[J]. 植物生理学通讯,1990,26(6):55-57.
- [14] 许大全. 光合作用效率[M]. 上海:上海科学技术出版社,2002.
- [15] 柯玉琴,潘廷国,方树民. 青枯菌侵染对烟草叶片 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 代谢、叶绿素荧光参数的影响及其与抗病性的关系[J]. 中国生态农业学报,2002,10(2):36-39.
- [16] 蔚丽珍,张鲁刚,贺少轩,等. 大白菜幼苗叶片抗氧化酶系统对黑腐病菌入侵的反应[J]. 植物病理学报,2010,40(2):122-128.
- [17] Wojtaszek P. Oxidative burst: an early plant response to pathogen infection[J]. Biochem J,1997,322,681-692.
- [18] 沈喜,李红玉,贾秋珍,等. 条锈病对小麦(*Triticum aestivum* L.)叶片光合功能及光合功能蛋白 D1 表达的影响[J]. 生态学报,2008,28(2):669-676.
- [19] Walker M A,McKersie BD. Role of the ascorbate-glutathione antioxidant system in chilling resistance of tomato[J]. J Plant Physiol,1993,141(2):234-239.
- [20] Hodges D W,Andrews C J,Johnson D A,et al. Antioxidant enzyme and compound responses to chilling stress and their combining abilities in differentially sensitive maize hybrids[J]. Crop Sci,1997,37(3):857-863.
- [21] Corbineau F, Gay - Mathieu C, Vinel D. Decrease in sunflower seed viability caused by high temperatures as related to energy metabolism, membrane damage and lipid composition[J]. Physiol Plant,2002,116(4):489-496.
- [22] 薛国希,高辉远,李鹏民,等. 低温下壳聚糖处理对黄瓜幼苗生理生化特性的影响[J]. 植物生理与分子生物学学报,2004,30(4):441-448.
- [23] Krause G H,Weis E. Chlorophyll fluorescence and photosynthesis: the basics[J]. Annu Rev Plant Physiol Plant Mol Biol,1991,42:319-349.
- [24] Asada K,Takahashi M. Production and scavenging of active oxygen in photosynthesis[M]. Elsevier Amsterdam:Science Publishers,1987,227-287.

## Effects of Infection by *Cylindrocladium canadense* on Physiological Characteristics of Tree Peony

YANG De-cui,ZHENG Guo-sheng

(College of Life Sciences,Qingdao Agricultural University,Key Lab of Plant Biotechnology in Universities of Shangdong Province,Qingdao,Shandong 266109)

**Abstract:** Taking tree peony ‘Zangzhihong’ as material, the effect of infection by *Cylindrocladium canadense* on physiological characteristics of leaves were estimated. The results showed that, the net photosynthetic rate (Pn) and the photosynthetic pigments decreased significantly after infection. In the same time, the apparent quantum yield and carboxylation efficiency of tree peony leaves both decreased greatly after infection. This indicated that the infection of *C. canadense* enhanced the photoinhibition. Antioxidant enzymes activity changed greatly in infected tree peony leaves. The activity of SOD and CAT increased slightly in 5 d after infection, but had declined significantly from then. That of POD and APX had been decreased greatly after infection. In the same time, the content of MDA increased and was in agreement with the accumulation of ROS. All of this showed that infection of *C. canadense* led to decline of antioxidant enzymes activity in different degrees and resulted in the accumulation of ROS, damaging the membrane system of cell and thus reduced the photosynthetic capacity of tree peony leaves.

**Key words:** tree peony; *Cylindrocladium canadense*; physiological characteristics