

# 樱桃属植物叶片浸提液对东北山樱光合及叶绿素荧光参数的影响<sup>\*</sup>

吕德国<sup>1,2</sup> 王志鑫<sup>1</sup> 秦嗣军<sup>1,2\*\*</sup> 马怀宇<sup>1,2</sup>

(<sup>1</sup> 沈阳农业大学园艺学院, 沈阳 110161; <sup>2</sup> 北方果树育种与生理生态研究所, 沈阳 110161)

**摘 要** 以东北山樱(*Cerasus sachalinensis*)幼苗为试材,研究7种樱桃属植物叶片浸提液对其光合生理参数的影响。结果表明,东北山樱、草原樱桃(*C. fruticosa*)、大青叶(*C. pseudocerasus*)、考特(Colt)和红灯(*C. avium*)叶片浸提液处理的东北山樱叶绿素a含量、叶绿素a/b的比值、净光合速率( $P_n$ )、气孔导度( $G_s$ )、胞间CO<sub>2</sub>浓度( $C_i$ )、PS II光化学效率( $F_v/F_m$ )、PS II电子传递量子产量( $\Phi_{PSII}$ )较对照有不同程度的降低,类胡萝卜素含量、初始荧光( $F_0$ )、非光化学猝灭系数( $q_N$ )增加,说明东北山樱、草原樱桃、大青叶、考特和红灯叶片浸提液处理降低了东北山樱幼苗叶片光合机能,抑制了植株的生长发育。其中,东北山樱叶片浸提液处理下降幅度最为明显,表现出较强的自毒作用。而吉赛拉(*Gisela*)和马哈利(*C. mahaleb*)叶片浸提液处理作用相反,明显改善了东北山樱幼苗叶片的光合机能,表现出一定的促进作用。

**关键词** 东北山樱;浸提液;光合作用;叶绿素荧光参数

中图分类号 S963 文献标识码 A 文章编号 1000-4890(2009)10-1966-05

**Effects of *Cerasus* leaf aqueous extracts on the photosynthesis and chlorophyll fluorescence of *Cerasus sachalinensis*.** LÜ De-guo<sup>1,2</sup>, WANG Zhi-xin<sup>1</sup>, QIN Si-jun<sup>1,2</sup>, MA Huai-yu<sup>1,2</sup> (<sup>1</sup> College of Horticulture, Shenyang Agricultural University, Shenyang 110161, China; <sup>2</sup> Research Laboratory for Breeding and Ecophysiology of Northern Fruit Tree, Shenyang 110161, China). *Chinese Journal of Ecology* 2009 28(10):1966–1970.

**Abstract:** *Cerasus sachalinensis* seedlings were used as test materials to study their photosynthesis and chlorophyll fluorescence under effects of seven *Cerasus* species leaf aqueous extracts. After treated with the aqueous extracts of *C. sachalinensis*, *C. fruticosa*, *C. pseudocerasus*, Colt, and *C. avium*, the seedlings leaf chlorophyll a content, chlorophyll a/b ratio, net photosynthetic rate ( $P_n$ ), stomatal conductance ( $G_s$ ), intercellular CO<sub>2</sub> concentration ( $C_i$ ), maximum photochemical efficiency of PS II ( $F_v/F_m$ ), and quantum efficiency of non-cyclic electron transport of PS II ( $\Phi_{PSII}$ ) decreased, while the carotenoid content,  $F_0$ , and non-photochemical quenching coefficient ( $q_N$ ) increased, illustrating that the leaf aqueous extracts of these five *Cerasus* species had negative effects on the photosynthesis of *C. sachalinensis*. Among the five aqueous extracts, the extract of *C. sachalinensis* had more obvious impact, suggesting its stronger autotoxicity. On the contrary, the aqueous extracts of *Gisela* and *C. mahaleb* had definite promotion effects on the photosynthesis of *C. sachalinensis*.

**Key words:** *Cerasus sachalinensis*; aqueous extract; photosynthesis; chlorophyll fluorescence.

东北山樱(*Cerasus sachalinensis*)原产于我国,是大连和秦皇岛甜樱桃产区主要的砧木资源。近年

来,许多研究表明植物根系分泌物、叶片淋溶物等可对自身或周围的植物产生化感效应,抑制或促进植物生长发育(Del Moral & Muller, 1969; Wu *et al.*, 2000; 黄志群等, 2000; 马瑞君等, 2006; 王贺新等, 2008)。笔者前期研究发现外源施入东北山樱根系分泌的酚酸类物质会引起幼苗根系呼吸、叶片光合

<sup>\*</sup> 国家自然科学基金项目(30871688)和辽宁省教育厅高校科研计划资助项目(2008631)。

<sup>\*\*</sup> 通讯作者 E-mail: qinsijun1975@163.com

收稿日期:2009-03-23 接受日期:2009-07-10

等生理代谢变化,进而影响植株生长发育(秦嗣军, 2006)。在此基础上,本试验通过施加樱桃属不同植物叶片浸提液,研究其对东北山樱幼苗光合生理参数的影响,探讨樱桃属植物间的化感效应,为深入了解东北山樱资源特性提供参考。

1 材料与方法

1.1 供试材料与试验处理

供试材料为东北山樱幼苗,2008年4月将东北山樱种子播于72孔穴盘,待幼苗长出4片真叶时挑选生长整齐的壮苗移植于15 cm×13 cm(口径×高度)的营养钵中,每钵1株。栽培基质基本理化性为:有机质23.7 g·kg<sup>-1</sup>,碱解氮101.6 mg·kg<sup>-1</sup>,速效磷132.3 mg·kg<sup>-1</sup>,速效钾45.3 mg·kg<sup>-1</sup>,pH值7.52,电导率698.6 μS·cm<sup>-1</sup>。

制备浸提液用的叶片采自沈阳农业大学果树科研基地冷棚中的5年生樱桃属植物,分别为东北山樱(T1)、马哈利(T2)、草原樱桃(T3)、大青叶(T4)、吉赛拉(T5)、考特(T6)和红灯(T7)。7月初采取各植株外围新鲜叶片,分别称取40 g捣碎,在28℃的恒温箱中用蒸馏水浸泡48 h后,过滤制成40 g·L<sup>-1</sup>的浸提液。用7种樱桃叶片浸提液浇灌东北山樱幼苗,每4 d浇一次,每次浇50 ml,以浇蒸馏水为对照(CK),每处理20株。实验在避雨棚下进行。

1.2 测定方法

于8月3日9:00—11:00,用PP-system公司生产的CIRAS-1型便携式光合仪测定光合参数。人工光源,光合有效辐射(PAR)为800 μmol·m<sup>-2</sup>·s<sup>-1</sup>。测定净光合速率(P<sub>n</sub>)、气孔导度(G<sub>s</sub>)、蒸腾速率(T<sub>r</sub>)和胞间CO<sub>2</sub>浓度(C<sub>i</sub>),每个处理测顶数第6~8片叶,重复5次。用英国Hansatech公司生产的

FMS-2脉冲调制式荧光仪在相同叶片上测定荧光参数F<sub>0</sub>、F<sub>v</sub>、F<sub>v</sub>/F<sub>m</sub>、PS II电子传递量子产量(Φ<sub>PS II</sub>)和非光化学猝灭系数(qN)。叶绿素荧光动力学参数测定参照习岗等(2002)的方法,测定前将叶片充分暗适应30 min,每个处理重复10次。测定完毕后,剪取相同部位的叶片用蒸馏水洗净吸干,迅速带回实验室,用80%乙醇-丙酮法测定叶绿素和类胡萝卜素含量,每处理重复5次。

1.3 数据处理

采用DPS统计分析软件对数据进行统计分析。显著性检验、方差分析应用Duncan新复极差法进行多重比较。

2 结果与分析

2.1 樱桃属不同植物叶片浸提液对东北山樱叶片光合色素含量的影响

从表1可以看出,各处理对东北山樱叶片叶绿素a和叶绿素b含量均有不同程度的影响。T3和T5处理叶绿素a含量有一定程度的增加,分别较对照增加了2.1%和16.7%,其中T5处理与对照之间差异显著。而T1、T2、T4、T6和T7处理叶绿素a含量,分别较对照显著降低了11.9%、9.7%、6.8%、13.6%和9.9%。叶绿素b含量变化最大的为T5处理,较对照显著增加了22.3%;其次为T1和T7,较对照增加了8.8%和7.6%。

T5处理叶绿素a/b比值较对照显著增加了17.9%,T1、T2、T6和T7处理的叶绿素a/b分别较对照显著降低了19.1%、7.4%、14.7%和16.3%,T3和T4处理与对照差异不显著。可见,T1处理对东北山樱叶绿素a/b影响最大。

各处理叶片的类胡萝卜素含量均表现出不同程

表1 樱桃属不同植物叶片浸提液对东北山樱叶片光合色素含量的影响  
Tab.1 Effect of the aqueous extract of different cherry leaf treatments on the content of photosynthetic pigment in *Cerasus sachalinensis* leaves

处理	叶绿素 a (mg·g <sup>-1</sup> )	叶绿素 b (mg·g <sup>-1</sup> )	叶绿素 a/b	类胡萝卜素 (mg·g <sup>-1</sup> )
CK	2.030±0.016 b	0.525±0.001 c	3.866±0.078 b	0.742±0.021 d
T1	1.789±0.007 c	0.571±0.030 b	3.126±0.076 e	0.795±0.015 bc
T2	1.834±0.035 c	0.520±0.078 cd	3.579±0.116 cd	0.830±0.109 a
T3	2.072±0.112 b	0.554±0.063 b	3.921±0.057 b	0.757±0.051 d
T4	1.892±0.073 c	0.503±0.012 d	3.766±0.056 bc	0.806±0.066 ab
T5	2.369±0.354 a	0.642±0.065 a	4.559±0.134 a	0.765±0.091 cd
T6	1.753±0.030 c	0.532±0.132 c	3.296±0.155 de	0.758±0.051 d
T7	1.829±0.069 c	0.565±0.046 b	3.234±0.105 de	0.806±0.734 ab

平均数经邓肯多重极差测验,同列不同的小写字母表示在0.05上差异显著,下同。

度的升高,其中 T2 升高幅度最大,较对照显著增加了 11.9%,其次为 T4 和 T7,较对照增加了 8.6%。而 T3、T5、T6 与对照之间差异不显著。

2.2 樱桃属不同植物叶片浸提液对东北山樱光合参数的影响

如图 1 所示,T1、T2、T4、T6 和 T7 处理东北山樱叶片  $P_n$  分别较对照显著降低了 20.7%、9.8%、12.9%、16.0% 和 10.6%。而 T3 和 T5 处理的  $P_n$  均高于对照,分别较对照提高了 12.4% 和 4.0%。各处理中东北山樱叶片  $G_s$  和  $T_r$  的变化趋势基本一致。其中,T7 处理中  $G_s$  和  $T_r$  的下降幅度最大,其数值为 78.3 和 11.0  $\text{mmol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ,分别较对照显著降低了 15.9% 和 17.5%。而 T3 和 T5 处理中  $G_s$  分别较对照显著增加了 11.2% 和 18.1%, $T_r$  分别较对照显著增加了 25.1% 和 10.0%。

各处理中叶片  $C_i$  的变化趋势与其他参数的变化趋势略有不同。各处理中  $C_i$  降低幅度最大的是 T1,其数值为 267.1  $\mu\text{mol} \cdot \text{mol}^{-1}$ ,较对照下降了 4.2%。其次为 T6、T7 和 T2 处理,分别较对照降低了 3.1%、1.8% 和 1.6%。T3、T4 和 T5 处理的  $C_i$  均不同程度的高于对照,T4 处理仅较对照增加了 1.4%,与对照相比未达到差异显著水平。

2.3 樱桃属不同植物叶片浸提液对东北山樱叶片叶绿素荧光参数的影响

2.3.1 樱桃属不同植物叶片浸提液对东北山樱叶片

$F_0$ 、 $F_v/F_m$  的影响  $F_0$  为初始荧光,其数值变化可用来表征 PS II 受体接受电子能力的强弱(Krause & Weis, 1991; 郁继华和张韵, 2006)。 $F_v/F_m$  是 PS II 原初光能转化效率的度量指标,反映了 PS II 的潜在活性(Guo *et al.*, 2005)。如图 2 所示,T2、T4 和 T7 处理的  $F_0$  基本不变,其他处理中  $F_0$  均有不同程度的变化。其中,T1 的增加幅度较大,较对照显著增加了 8.4%。而 T3 和 T5 处理的  $F_0$  分别较对照显著降低了 4.6% 和 7.2%。T1、T2、T4 和 T7 处理显著降低了东北山樱幼苗的  $F_v/F_m$ ,分别较对照降低了 11.1%、6.2%、8.6% 和 12.3%。而 T3 和 T5 处理东北山樱幼苗的  $F_v/F_m$  分别较对照提高了 3.7% 和 4.9%,说明樱桃属不同植物叶片浸提液处理对东北山樱幼苗 PS II 影响机制不同。从整体上看,T3 和 T5 处理促进了东北山樱幼苗的光合机能。

2.3.2 樱桃属不同植物叶片浸提液对东北山樱叶片

$qN$ 、 $\Phi_{PSII}$  的影响  $qN$  表示 PS II 天线色素吸收的光能不能用于光合电子传递而以热的形式耗散的部

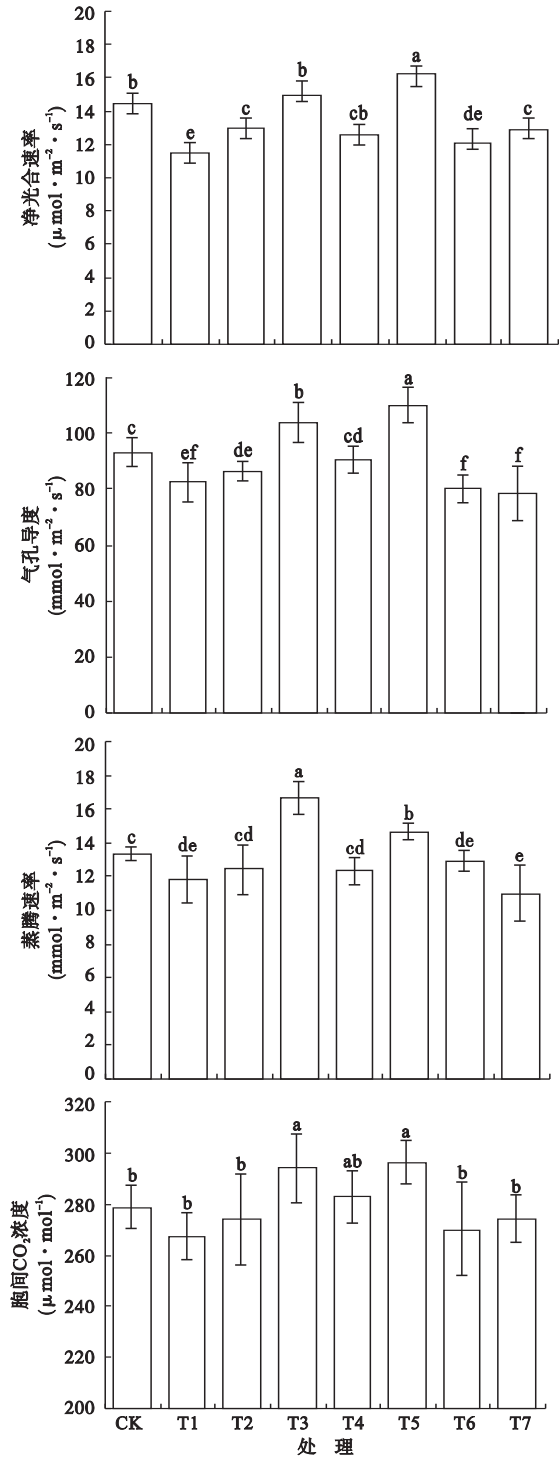


图 1 樱桃属不同植物叶片浸提液对东北山樱叶片净光合速率、气孔导度、蒸腾速率、胞间  $\text{CO}_2$  浓度的影响

Fig. 1 Effect of the aqueous extract of different cherry leaf treatment on net photosynthetic rate, stomatal conductance, transpiration rate, and intercellular  $\text{CO}_2$  concentration in *Cerasus sachalinensis* leaves

不同小写字母表示不同处理间差异显著,下同。

分(张守仁, 1999; 赵会杰等, 2000)。如图 3 所示, T2、T3 和 T4 处理的叶片  $qN$  变化幅度较小,而 T1 和

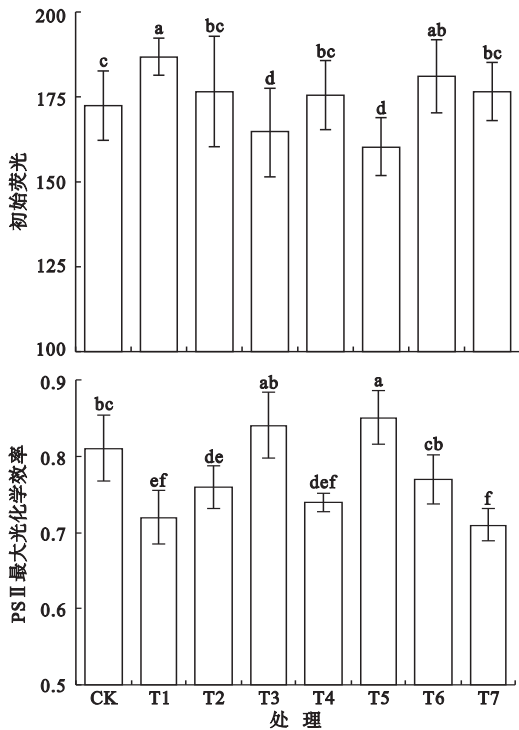


图2 樱桃属不同植物叶片浸提液对东北山樱叶片  $F_0$ 、 $F_v/F_m$  的影响

Fig. 2 Effect of the aqueous extract of different cherry leaf treatment on  $F_0$  and  $F_v/F_m$  in *Cerasus sachalinensis* leaves

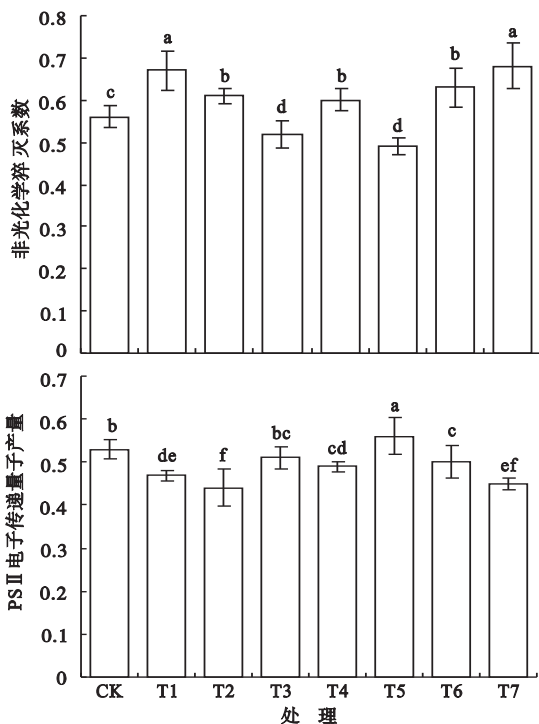


图3 樱桃属不同植物叶片浸提液对东北山樱叶片  $qN$ 、 $\Phi_{PSII}$  的影响

Fig. 3 Effect of the aqueous extract of different cherry leaf treatment on  $qN$  and  $\Phi_{PSII}$  in *Cerasus sachalinensis* leaves

T7 处理的  $qN$  明显上升,分别较对照显著增加了 19.6% 和 21.4%,而 T3 和 T5 处理分别较对照显著下降 7.1% 和 12.5%。进一步对  $\Phi_{PSII}$  进行测定, T3、T4 和 T6 处理叶片的稳态 PS II 基本不变, T5 处理略有增加,而 T1、T2 和 T7 处理明显下降,说明各处理对东北山樱叶片的 PS II 反应中心的电子传递具有抑制作用,降低了  $\Phi_{PSII}$ 。

### 3 讨论

冯建灿等(2002)和 Yu 等(2003)研究指出,光合生理参数对外界环境变化反应敏感,可作为衡量化感效应的重要指标。叶绿素 a 和叶绿素 b 是光合作用的主要捕光色素,β-胡萝卜素能够猝灭三线态的叶绿素,并能清除胁迫下形成的对光合膜有潜在破坏作用的氧自由基,进而避免对光合作用 PS II 反应中心的破坏(Demmig-Adams & Adams, 1996)。本实验中草原樱桃、红灯和大青叶、东北山樱叶片浸提液降低了东北山樱叶绿素 a 含量和叶绿素 a/b 的比值,而吉赛拉叶片浸提液则表现出相反的作用。各处理均不同程度的提高了东北山樱叶片的类胡萝卜素含量,说明樱桃属不同植物叶片浸提液可以通过改变东北山樱幼苗叶片内的光合色素含量,影响东北山樱幼苗对光能吸收和转换的效率。

$F_v/F_m$  是 PS II 光化学效率的指标,与引发植物光合作用的“光抑制”有关。有研究表明,化感物质能使叶片的  $F_v/F_m$  发生明显变化,当  $F_v/F_m$  在 0.75 ~ 0.85,说明植物处于非光逆境环境条件下,而低于该范围时则发生了光抑制(Ogren, 1991; Genty *et al.*, 1989)。本研究表明,东北山樱、考特叶片浸提液处理下,  $F_0$  随叶片叶绿素含量的降低而升高,  $F_v/F_m$  下降幅度均达到显著水平,对 PS II 反应中心造成破坏,这与在化感作用下植物光合作用的“光抑制”加剧有紧密联系。PS II 光合电子传递量子效率反映光合电子传递速率。非光化学猝灭系数是光合膜能量化的度量,反映了 PS II 天线色素吸收的光能不能用于光合电子传递而以热的形式耗散掉的光能部分。草原樱桃、红灯和东北山樱叶片浸提液处理下, PS II 电子传递量子产量下降说明光合膜的能量化作用降低,降低了 PS II 反应中心开放部分的比例,并相应提高了关闭部分的 PS II 反应中心比例。而东北山樱、考特、红灯叶片浸提液与对照相比,  $qN$  均显著升高。基于此,我们认为 PS II 反应中心开放部分的比例降低(亦即光化学效率)和光合膜的能量

化作用损伤导致的电子传递量子产量  $\Phi_{PSII}$  下降是上述几种处理下东北山樱叶片  $P_n$  降低的内在原因之一。本试验各处理中,除吉赛拉叶片浸提液使东北山樱叶片  $\Phi_{PSII}$  升高外,其他处理均降低了叶片的  $\Phi_{PSII}$ 。其中东北山樱叶片浸提液处理中叶片  $\Phi_{PSII}$  下降幅度最大,表明此处理对叶片的光合电子传递速率抑制作用最强,说明东北山樱叶片对其自身光合作用具有较强的抑制作用。一般认为,某些酚酸(吴凤芝等 2001;李玉占等 2004)、生物碱(Fons *et al.* 2003;史刚荣 2004;赵雪淞等 2007)、氨基酸(Nilsson 1994;胡飞和孔垂华 1997;王进闯等 2004)是植物体内可对植物产生较强的化感作用的物质。Perez 和 Ormeno-Nunez(1991)、Weidenhamer 等(1989)报道酚类次生物质是小麦和大豆叶片体内起主要化感作用的物质,并能对周围其他植物产生较强的抑制作用。但至于樱桃属植物叶片浸提液中是哪一类物质对东北山樱起主要的化感作用,产生化感作用的主要部位及其机制还有待于进一步研究。

#### 参考文献

冯建灿,胡秀丽,毛训甲. 2002. 叶绿素荧光动力学在研究植物逆境生理中的应用. 经济林研究, (4): 14-19.

胡飞,孔垂华. 1997. 胜红蓟化感作用研究. I. 水溶物的化感作用及其化感物质分离鉴定. 应用生态学报, 8(3): 304-308.

黄志群,廖利平,汪思龙. 2000. 几种伴生树种对杉木的化感效应. 应用生态学报, 11(增刊): 216-218.

李玉占,梁文举,姜勇. 2004. 苜蓿化感作用研究进展. 生态学杂志, 23(5): 186-191.

马瑞君,王明理,赵坤,等. 2006. 高寒草场优势杂草黄帚囊吾水浸液对牧草的化感作用. 应用生态学报, 17(5): 845-850.

秦嗣军. 2006. 樱桃属植物根域特征及根域处理对植株生长发育影响的研究(博士学位论文). 沈阳: 沈阳农业大学.

史刚荣. 2004. 植物根系分泌物的生态效应. 生态学杂志, 23(1): 97-101.

王贺新,李根柱,于冬梅,等. 2008. 枯枝落叶层对森林天然更新的障碍. 生态学杂志, 27(1): 83-88.

王进闯,潘开文,李富华. 2004. 分子水平和土壤系统化感作用研究现状与展望. 生态学杂志, 23(6): 125-130.

吴凤芝,赵凤艳,马凤鸣. 2001. 酚酸物质及其化感作用. 东北农业大学学报, 32(4): 402-407.

习岗,杨初平,宋清,等. 2002. 低温胁迫下香蕉叶片 Chla 荧光动力学参量的变化及其品种差异性. 光子学报, 31(11): 1326-1329.

郁继华,张韵. 2006. 两种化感物质对茄子幼苗光合作用

及叶绿素荧光参数的影响. 应用生态学报, 17(9): 1629-1632.

张守仁. 1999. 叶绿素荧光诱导动力学参数的意义及讨论. 植物学报, 16(4): 444-448.

赵会杰,邹琦,于振文. 2000. 叶绿素荧光分析技术及其在植物光合机理研究中的应用. 河南农业大学学报, 34(3): 248-251.

赵雪淞,孙芳,郭永键,等. 2007. 糖苷生物碱化学生态学研究进展. 生态学杂志, 26(6): 948-953.

Del Moral R, Muller CH. 1969. Fog drip: A mechanism of toxin transport from *Eucalyptus globules*. *Bulletin of the Torrey Botanical Club*, 96: 467-475.

Demmig-Adams B, Adams III WW. 1996. The role of the xanthophylls cycle carotenoids in the protection of photosynthesis. *Trends in Plant Science*, 1: 21-26.

Fons F, Amellal N, Leyval C, *et al.* 2003. Effects of gypsophila saponins on bacterial growth kinetics and on selection of subterranean clover rhizosphere bacteria. *Canadian Journal of Microbiology*, 49: 367-373.

Genty B, Briantais JM, Baker NR, *et al.* 1989. The relationship between the quantum yield of photosynthetic electron transport and quenching of chlorophyll fluorescence. *Acta Biochimica et Biophysica Sinica*, 990: 87-92.

Guo DP, Guo YP, Zhao JP, *et al.* 2005. Photosynthesis rate and chlorophyll fluorescence in leaves of stem mustard after turnip mosaic virus infection. *Plant Science*, 168: 57-63.

Krause GH, Weis E. 1991. Chlorophyll fluorescence and photosynthesis: The basics. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology*, 42: 313-349.

Nilsson MC. 1994. Separation of allelopathy and resource competition by the boreal dwarf shrub *Empetrum hermaphroditum* Hagerup. *Oecologia*, 98: 1-7.

Ogren E. 1991. Prediction of photoinhibition of photosynthesis from measurements of fluorescence quenching components. *Planta*, 184: 538-544.

Perez PJ, Ormeno-Nunez J. 1991. Root exudates of wild oats: Allelopathic effect on spring wheat. *Phytochemistry*, 30: 2199-2202.

Weidenhamer JD, Hartnett DC, Romeo JT. 1989. Density-dependent phytotoxicity: Distinguishing resource competition and allelopathic interference in plants. *Journal of Applied Ecology*, 26: 613-624.

Wu H, Haig T, Pradey J, *et al.* 2000. Distribution and exudation of allelochemicals in wheat *Triticum aestivum*. *Journal of Chemical Ecology*, 26: 2141-2154.

Yu JQ, Su FY, Ming FZ, *et al.* 2003. Effects of root exudates and aqueous root extracts of cucumber and allelochemicals, on photosynthesis and antioxidant enzymes in cucumber. *Biochemical Systematics and Ecology*, 31: 129-139.

作者简介 吕德国,男,1967年生,博士,教授。主要从事果树栽培与生理生态研究。E-mail: lvdeguo@163.com  
责任编辑 魏中青

