

百合根系分泌物对4种观赏植物的化感作用

董小艳,程智慧,张亮

(西北农林科技大学 园艺学院,陕西 杨凌 712100)

[摘要] 【目的】研究波利安娜和白狐2个百合品种(供体)根系分泌物对莴苣、金鱼草、千日红和满天星(受体)的化感作用,为百合的产业化生产选择后茬作物提供理论论据。【方法】采用滤纸收集根系分泌物的方法,研究百合根系分泌物对受体植物种子发芽、幼苗生长及幼苗根重的影响。【结果】波利安娜百合根系分泌物对莴苣和满天星的根长和侧根数的抑制作用均达到显著水平(这可能是根系与化感物质直接接触所致),但对这2种受体植物其他指标的抑制作用均未达显著水平;对金鱼草的化感抑制作用除发芽率和根鲜重未达显著水平外,其他指标均达显著水平;对千日红的化感抑制作用除根鲜重外,其余指标均达显著水平;白狐百合根系分泌物对4种受体植物的化感作用,总体上表现为抑制作用大于促进作用。【结论】莴苣和满天星可作为波利安娜百合的后茬作物;白狐百合后茬不宜种植这4种受体植物。

[关键词] 百合;根系分泌物;观赏植物;化感作用

[中图分类号] S681.901

[文献标识码] A

[文章编号] 1671-9387(2008)09-0113-05

Allelopathy of lily root exudates on some receiver ornamental plants

DONG Xiao-yan, CHENG Zhi-hui, ZHANG Liang

(College of Horticulture, Northwest A&F University, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract: 【Objective】 The allelopathy effects of supplier plant lily (*Lilium brownii*) root exudates of two varieties Pollyanna and White fox on four receiver plants lettuce (*Lactuca sativa*), snapdragon (*Antirrhinum majus*), gomphrena (*Gomphrena globosa*) and starriness (*Gypsophila elegans*) were studied. 【Method】 The root exudates were collected by the method using filter paper. Allelopathy of lily root exudates was studied by measuring the seed germination and seedling growth of four receiver plants. 【Result】 The root length and the number of lateral root of lettuce and starriness were significantly inhibited by the root exudates of lily cv. Pollyanna, and the other targets were not significantly inhibited. The germination rate and root fresh mass of snapdragon were not significantly inhibited by the root exudates of lily cv. Pollyanna, and the other targets were significantly inhibited. The gomphrena were significantly inhibited by the root exudates of lily cv. pollyanna excepting the root fresh mass. The root exudates of White fox on four receiver plants showed greater inhibition than the promoter action. 【Conclusion】 Lettuce and starriness were the tolerant latter crops of Pollyanna. The four receiver plants were not suitable as the latter crops of White fox.

Key words: lily; root exudate; ornamental plant; allelopathy

目前,对化感作用的研究主要集中在作物与杂草、森林演化及大田作物上^[1-4],对观赏植物的研究

较少^[5],而实际上观赏植物的化感作用也非常普遍。研究表明,一些重要的观赏植物确实存在着化感作

* [收稿日期] 2007-09-29

[基金项目] 国家“十五”科技攻关计划项目(2004BA516A09)

[作者简介] 董小艳(1982-),女,山西长治人,在读硕士,主要从事园林植物生理生态研究。E-mail:xydong998@126.com

[通讯作者] 程智慧(1958-),男,陕西兴平人,教授,博士生导师,主要从事蔬菜栽培生理研究。E-mail:chengzh@nwsuaf.edu.cn

用,如万寿菊^[6]、向日葵^[7]等。百合对“重茬”的敏感性远远高于其他花卉作物,一般情况下,种植一茬百合的地块,至少要间隔 1 年才可再种百合^[8-9]。董沁方等^[10]研究表明,百合地上部水浸液对几种蔬菜受体植物表现出不同程度的抑制作用。但关于百合根系分泌物化感效应的研究尚未见报道。本试验通过对百合根系分泌物化感效应的研究,探讨百合根系分泌物对供试受体植物是否具有化感作用,以期为百合的产业化生产选择后茬作物提供一定的科学依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

供体材料百合(*Lilium brownii*)有 2 个品种,分别为波利安娜(Pollyanna)和白狐(White fox)。受体植物有金鱼草(*Antirrhinum majus*)、千日红(*Gomphrena globosa*)、满天星(*Gypsophila elegans*)和莴苣(*Lactuca sativa*)。百合种球购于甘肃临洮美兰有限公司,千日红种子购于农友种苗(中国)有限公司,金鱼草、满天星和莴苣种子购于芳萱苑种子公司。

1.2 试验方法

1.2.1 供试材料的培养 试验于 2007 年在西北农林科技大学园艺学院农业部西北园艺植物种质资源重点实验室进行。03-20 播种种球,每盆 2 株,盆栽基质为珍珠岩,培养期间,每 3 d 浇 1 次自来水,直至百合开始现蕾。

1.2.2 百合根系分泌物的获得 05-14 将开始现蕾并产生了大量新根的百合植株从基质中取出,用自来水清洗附着在根系上的基质,待用。将百合根系均匀摆放在铺有 3 层滤纸、直径为 10 cm 的塑料盒中(每个塑料盒放 1 株百合),再用一层滤纸将根盖住,浇 20 mL 自来水。在塑料盒的上方,用硬纸片将百合植株固定。以后每 3 d 浇 10 mL 自来水,确保滤纸不变干。15 d 后将百合取出,此时 4 层滤纸上已含有百合根系分泌物,将其铺在培养皿中,供生物测试时用。

1.2.3 生物测定 在培养皿中,以铺有 4 层含有百合根系分泌物的滤纸为处理,以铺有 4 层干净滤纸为对照。每皿加 10 mL 自来水,在滤纸上播种受试植物种子,选择均匀饱满的受试植物种子,播种前用体积分数 10% H_2O_2 消毒处理 5 min。莴苣、金鱼草每皿播 50 粒种子,千日红、满天星每皿播 30 粒种子。每处理 3 个重复,在温度 24~26 °C、光照 4 000

lx 条件下培养,每 3 d 每皿补充自来水 5 mL。

1.2.4 测定项目及数据统计分析 自培养之日起,常规方法记录受体植物种子的发芽数,当大部分受体植物种子的两片子叶完全展开时,常规方法测定幼苗的苗高、根长、侧根数及地上部和根鲜重。

发芽率/% = 发芽终期全部正常发芽的种子数/供试种子数 × 100%;

$$\text{发芽指数}(GI) = \sum \frac{Gt}{Dt}$$

式中: Gt 为播种后 t d 的发芽数, Dt 为相应的发芽日数。

参照 Williamson^[11] 的方法,采用化感效应指数(RI)进行化感作用分析。化感效应指数计算式为: $RI = 1 - C/T$ (当 $T \geq C$), $RI = T/C - 1$ (当 $T < C$ 时)。

式中: C 为对照值, T 为处理值, $RI > 0$ 表示起促进作用, $RI < 0$ 表示起抑制作用。绝对值大小与作用强度一致。

采用 DPS 软件进行数据统计与方差分析。

2 结果与分析

2.1 百合根系分泌物对受试植物种子发芽的影响

由表 1 可以看出,2 个百合品种的根系分泌物对不同受试植物种子的发芽率和发芽指数有不同影响。波利安娜百合对 4 种受试植物的发芽率和发芽指数均有一定的抑制作用,与对照相比,对莴苣、满天星发芽率和发芽指数的抑制作用未达显著水平;对金鱼草发芽率的抑制作用未达显著水平,但对发芽指数的抑制作用达极显著水平;对千日红的发芽率和发芽指数均有极显著抑制作用。与对照相比,白狐百合对莴苣的发芽率表现为既不促进也不抑制,对发芽指数表现为抑制作用,但未达显著水平;对满天星、千日红、金鱼草的发芽率和发芽指数均有极显著抑制作用。

2.2 百合根系分泌物对受试植物幼苗生长的影响

由表 2 可以看出,2 个百合品种的根系分泌物对受试植物幼苗生长均表现出化感抑制作用。与对照相比,波利安娜百合根系分泌物对金鱼草、千日红苗高生长有显著抑制作用,对莴苣和满天星也表现出抑制作用,但差异不显著;对 4 种受试植物根长生长均表现出极显著抑制作用。与对照相比,白狐百合根系分泌物对莴苣、满天星和金鱼草苗高生长均有极显著抑制作用,而对千日红表现为既不促进也不抑制;对 4 种受试植物根长生长均表现极显著抑

制作用。

表1 百合根系分泌物对4种受试植物种子发芽的影响

Table 1 Effect of lily root exudates on seed germination of the four receiver plants

处理 Treatment	发芽率/% Germination rate				发芽指数 Germination index			
	莴苣 Lettuce	满天星 Starriness	千日红 Gomphrena	金鱼草 Snapdragon	莴苣 Lettuce	满天星 Starriness	千日红 Gomphrena	金鱼草 Snapdragon
CK	97.3 aA	92.2 aA	53.3 aA	65.3 aA	59.10 aA	31.97 aA	10.60 aA	31.22 aA
波利安娜 Pollyanna	94.3 aA	90.0 aA	32.2 bB	56.7 aA	57.78 aA	30.74 aA	4.53 bB	21.00 bB
白狐 White fox	97.3 aA	65.6 bB	31.0 bB	41.3 bB	58.09 aA	24.52 bB	5.53 bB	12.78 cC

注:同列数据后标不同小写字母表示在 $P=0.05$ 水平上有显著差异,标不同大写字母表示在 $P=0.01$ 水平上有显著差异。下表同。

Note: Data followed by lowercases are not significantly different at $P=0.05$, data followed by capital letters are not significantly different at $P=0.01$. The following tables are the same.

表2 百合根系分泌物对4种受试植物幼苗生长的影响

Table 2 Effect of lily root exudates on seedling growth of the four receiver plants

处理 Treatment	苗高/cm Shoot height				根长/cm Root length			
	莴苣 Lettuce	满天星 Starriness	千日红 Gomphrena	金鱼草 Snapdragon	莴苣 Lettuce	满天星 Starriness	千日红 Gomphrena	金鱼草 Snapdragon
CK	1.89 aA	1.49 aA	1.32 aA	1.98 aA	2.22 aA	1.84 aA	2.11 aA	2.62 aA
波利安娜 Pollyanna	1.75 aA	1.45 aA	1.10 bA	0.78 bB	1.33 bB	1.09 bB	1.26 bB	1.02 bB
白狐 White fox	1.29 bB	0.54 bB	1.32 aA	0.96 bB	1.49 bB	0.64 cC	0.88 cC	0.90 bB

2.3 百合根系分泌物对受试植物幼苗鲜重的影响

由表3可以看出,2个百合品种的根系分泌物对受试植物幼苗鲜重的影响不尽相同。与对照相比,波利安娜百合根系分泌物对莴苣、满天星地上部鲜重生长具有促进作用,而对根鲜重生长具有抑制作用,但均未达显著水平;对千日红、金鱼草的地上部鲜重生长有显著抑制作用,但对根鲜重的抑制作用

用未达显著水平。与对照相比,白狐百合根系分泌物对莴苣地上部鲜重生长有抑制作用,但未达显著水平,而对根鲜重有显著抑制作用;对满天星的地上部和根鲜重均有显著抑制作用;对千日红的地上部和根鲜重均无显著抑制作用;对金鱼草的地上部鲜重有显著抑制作用,但对根鲜重的抑制作用未达显著水平。

表3 百合根系分泌物对4种受试植物幼苗鲜重的影响

Table 3 Effect of lily root exudates on seedling fresh mass of the four receiver plants

处理 Treatment	地上部鲜重/(mg·株 ⁻¹) Top fresh mass				根鲜重/(mg·株 ⁻¹) Root fresh mass			
	莴苣 Lettuce	满天星 Starriness	千日红 Gomphrena	金鱼草 Snapdragon	莴苣 Lettuce	满天星 Starriness	千日红 Gomphrena	金鱼草 Snapdragon
CK	0.021 9 aB	0.011 2 aA	0.011 4 aA	0.006 2 aA	0.005 6 aA	0.001 9 aA	0.001 aA	0.000 8 aB
波利安娜 Pollyanna	0.023 6 aA	0.012 1 aA	0.009 8 bA	0.000 3 cC	0.004 3 aB	0.001 3 aB	0.000 6 aA	0.001 aA
白狐 White fox	0.019 4 bA	0.009 4 bB	0.010 6 aB	0.004 0 bB	0.002 9 bA	0.001 bA	0.000 6 aA	0.000 4 bA

2.4 百合根系分泌物对受试植物侧根数的影响

由表4可以看出,2个百合品种的根系分泌物对受试植物侧根数的影响表现不一致。与对照相比,波利安娜百合根系分泌物对4种受试植物的侧

根数均表现出化感抑制作用;白狐百合根系分泌物对莴苣和金鱼草的侧根数表现出化感促进作用,而对千日红和满天星有显著的抑制作用。

表4 百合根系分泌物对4种受试植物侧根数的影响

Table 4 Effect of lily root exudates on lateral root number of the four receiver plants

处理 Treatment	莴苣 Lettuce	满天星 Starriness	千日红 Gomphrena	金鱼草 Snapdragon
CK	2.4 bB	1.9 aA	3.0 aA	2.0 bB
波利安娜 Pollyanna	0.5 cC	0.8 bAB	1.4 bB	1.2 cC
白狐 White fox	3.4 aA	0.0 cB	0.8 bB	2.2 aA

2.5 百合根系分泌物对受试植物的化感效应指数

由表5和表6可以看出,2个百合品种的根系分泌物对莴苣、满天星、千日红和金鱼草的种子发芽及幼苗生长均有不同程度的化感效应,总体上抑制

作用要大于促进作用。由表5可知,波利安娜百合根系分泌物对莴苣的地上部鲜重、满天星的苗高和地上部鲜重、金鱼草的根鲜重的化感效应指数为正值,即 $RI>0$,表明化感效应表现为促进作用;而对

莴苣、满天星和金鱼草的其他指标,以及千日红的所有测定指标的化感效应指数均为负值,即 $RI < 0$,表明化感效应表现为抑制作用。可见,波利安娜百合

根系分泌物可以提高莴苣和满天星地上部有机物质的积累。

表 5 波利安娜百合根系分泌物对 4 种受试植物的化感效应指数

Table 5 Allelopathic index of lily cv. Pollyanna root exudates on the four receiver plants

受试作物 Receiver crop	发芽率 Germination rate	发芽指数 Germination index	苗高 Shoot height	根长 Root length	地上部鲜重 Top fresh mass	根鲜重 Root fresh mass	侧根数 Number of lateral root
莴苣 Lettuce	-0.031	-0.022	-0.074	-0.401	0.076	-0.250	-0.857
满天星 Starriness	-0.024	-0.038	0.032	-0.408	0.082	-0.222	-0.572
千日红 Gomphrena	-0.396	-0.573	-0.167	-0.403	-0.140	-0.400	-0.533
金鱼草 Snapdragon	-0.132	-0.327	-0.606	-0.611	-0.516	0.200	-0.400

由表 6 可以看出,白狐百合根系分泌物对莴苣发芽率和千日红苗高的化感作用表现出既不抑制也不促进;莴苣和金鱼草侧根数的化感效应指数为正值,即 $RI > 0$,表明化感效应表现为促进作用;而对

上述 3 种植物的其他指标,以及满天星所有指标的化感效应指数均为负值,即 $RI < 0$,表明化感效应表现为抑制作用。

表 6 白狐百合根系分泌物对 4 种受试植物的化感效应指数

Table 6 Allelopathic index of lily cv. White fox root exudates on the four receiver plants

受试作物 Receiver crop	发芽率 Germination rate	发芽指数 Germination index	苗高 Shoot height	根长 Root length	地上部鲜重 Top fresh mass	根鲜重 Root fresh mass	侧根数 Number of lateral root
莴苣 Lettuce	0.000	-0.017	-0.3174	-0.329	-0.110	-0.464	0.588
满天星 Starriness	-0.289	-0.233	-0.638	-0.652	-0.161	-0.444	-1.000
千日红 Gomphrena	-0.418	-0.478	0.000	-0.583	-0.070	-0.400	-0.733
金鱼草 Snapdragon	-0.368	-0.591	-0.516	-0.656	-0.355	-0.500	0.091

3 讨论

目前,根系分泌物的收集主要采用溶剂浸提、水培和基质培养等方法^[12-13]。化感物质是经自然途径进入环境的化学物质,因此在研究方法上应该高度注意溶剂和浓度。在自然状态下,除水外,不可能有其他溶剂将植物中的化学物质淋溶出来^[14-18],因此,化感物质作用的最高浓度只能是其在水中的饱和溶解度。考虑到以上 2 个因素,本试验采用滤纸收集根系分泌物的方法,具有直接性。在采用滤纸收集根系分泌物进行试验时发现,供体植物很可能因为缺乏营养而无法正常工作,从而影响试验进行。本试验的供体植物是百合,百合的鳞茎储存了大量的营养物质,因此在只有水供给的情况下可以正常生长约 20 d,但对于非球根花卉来说,该方法可能有一定的局限性。

本试验中 2 个百合品种根系分泌物对 4 种受试植物种子发芽和幼苗生长表现出的抑制作用要大于促进作用。百合根系分泌物对不同受试植物以及同种受体植物不同器官表现出不同的化感效应,这可能是由于同一植物的化感物质对不同植物的化感效应不同,同种植物不同器官的敏感性不同造成的。

波利安娜和白狐百合的根系分泌物对各受试植物的根长都有显著的抑制作用,这可能是因为根系直接接触到了百合分泌的化感物质,而这些化感物质对根系的生长具有抑制作用。

4 结论

波利安娜百合根系分泌物对莴苣和满天星的根长和侧根数的抑制作用均达到显著水平,但对这 2 种受试植物其他指标的抑制作用均未达显著水平;对金鱼草的化感抑制作用除发芽率和根鲜重未达显著水平外,其他指标均达显著水平;对千日红的化感抑制作用除根鲜重外其余均达显著水平,因此莴苣和满天星可作为波利安娜百合的后茬作物。白狐百合根系分泌物对 4 种受试植物在很大程度上都表现出了显著的抑制作用,虽然白狐百合根系分泌物促进了莴苣和金鱼草侧根的发生,但在幼苗生长中并没有表现出促进作用,甚至表现为抑制作用,且差异显著,所以这 4 种受试植物均不宜作为白狐百合的后茬作物。

[参考文献]

- [1] 陈龙池,汪思龙. 杉木根系分泌物化感作用研究 [J]. 生态学报, 2003, 23(2): 393-398.

- Chen L C, Wang S L. Preliminary study of allelopathy of root exudates of Chinese fir [J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2003, 23(2): 393-398. (in Chinese)
- [2] 阎吉昌, 张奕, 韩丽梅. 连作大豆化感作用研究 [J]. *大豆科学*, 2002, 21(3): 214-217.
- Yan J C, Zhang Y, Han L M. The review of continuous cropping soybean allelopathy [J]. *Soybean Science*, 2002, 21(3): 214-217. (in Chinese)
- [3] 刘小香, 谢龙莲. 桉树化感作用研究进展 [J]. *热带农业科学*, 2004, 24(2): 54-61.
- Liu X X, Xie L L. A review of allelopathic researches on eucalyptus [J]. *Chinese Journal of Tropical Agriculture*, 2004, 24(2): 54-61. (in Chinese)
- [4] 戚建华, 梁银丽, 梁宗锁. 嫁接黄瓜地上部的南瓜根系分泌物对种子萌发的影响 [J]. *植物生理与分子生物学学报*, 2005, 31(2): 217-220.
- Qi J H, Liang Y L, Liang Z S. Effects of root exudates of squash grafted with cucumber shoot on seed germination [J]. *Journal of Plant Physiology and Molecular Biology*, 2005, 31(2): 217-220. (in Chinese)
- [5] 张岚, 高素萍. 园林植物化感作用研究现状与问题探讨 [J]. *浙江林学院学报*, 2007, 24(4): 497-503.
- Zhang L, Gao S P. Review of researches on allelopathy of ornamental plants [J]. *Journal of Zhejiang Forestry College*, 2007, 24(4): 497-503. (in Chinese)
- [6] Karin K, Kaul K. Autotoxicity in *Tagetes erecta* L. on its own germination and seedling growth [J]. *Allelopathy Journal*, 2000, 7(1): 109-113.
- [7] Maruthi V, Sankaran. Allelopathic effects of sunflower-review [J]. *Agricultural Reviews*, 2001, 22(1): 57-60.
- [8] 穆鼎. 观赏百合 [M]. 北京: 中国农业出版社, 2005: 157.
- Mu D. Introduction to lilies [M]. Beijing: China Agriculture Press, 2005: 157. (in Chinese)
- [9] 郭志刚, 张伟. 切花生产技术丛书(球根类) [M]. 北京: 清华大学出版社, 1999: 89-103.
- Guo Z G, Zhang W. The technical for the production of cut flowers [M]. Beijing: Tsinghua University Press, 1999: 89-103. (in Chinese)
- [10] 董沁方, 程智慧. 百合地上部分水浸液的化感效应研究 [J]. *西北农业学报*, 2006, 15(2): 144-147, 151.
- Dong Q F, Cheng Z H. Study on allelopathy of top part aqueous extracts of lily plant [J]. *Acta Agriculturae Boreali-occidentalis Sinica*, 2006, 15(2): 144-147, 151. (in Chinese)
- [11] Williamson G B. Bioassays for allelopathy measuring treatment responses with independent controls [J]. *J Chem Ecol*, 1988, 14(1): 181-187.
- [12] 江贵波, 曾任森. 化感物质及其收集方法综述 [J]. *河南农业科学*, 2006, 6: 21-27.
- Jiang G B, Zeng R S. Allelopathic substance and the method of collection [J]. *Journal of Henan Agricultural Sciences*, 2006, 6: 21-27. (in Chinese)
- [13] 陈龙池, 廖利平, 汪思龙, 等. 根系分泌物生态学研究 [J]. *生态学杂志*, 2002, 21(6): 57-62.
- Chen L C, Liao L P, Wang S L, et al. A review research of root exudates ecology [J]. *Chinese Journal of Ecology*, 2002, 21(6): 57-62. (in Chinese)
- [14] 戚建华, 梁银丽, 梁宗锁. 农业生态系统中化感作用研究综述 [J]. *西北农业学报*, 2004, 13(2): 115-118.
- Qi J H, Liang Y L, Liang Z S. The review of researching allelopathy in agro-ecosystem [J]. *Acta Agriculturae Boreali-occidentalis Sinica*, 2004, 13(2): 115-118. (in Chinese)
- [15] 曾任森. 化感作用研究中的生物测定方法综述 [J]. *应用生态学报*, 1999, 10(1): 123-126.
- Zeng R S. Review on bioassay methods for allelopathy research [J]. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 1999, 10(1): 123-126. (in Chinese)
- [16] 北京农业大学植保系植物生态病理教研室. 植物根际生态学与根病生物防治进展 [M]. 北京: 中国人民大学出版社, 1991: 44-95.
- China Agriculture University the Department of Plant. Production ecology and pathogenicity of anastosis and intraspecific group of *Rhizoctonia solani* Kuhn [M]. Beijing: Renmin University of China Press, 1991: 44-95. (in Chinese)
- [17] 张学文, 刘亦学, 刘万学, 等. 植物化感物质及其释放途径 [J]. *中国农学通报*, 2007, 23(7): 295-297.
- Zhang X W, Liu Y X, Liu W X, et al. Allelochemicals and its releasing modes [J]. *Chinese Agricultural Science Bulletin*, 2007, 23(7): 295-297. (in Chinese)
- [18] 阎秀峰, 王洋, 李一蒙. 植物次生代谢及其与环境的关系 [J]. *生态学报*, 2007, 27(6): 2554-2561.
- Yan X F, Wang Y, Li Y M. Plant secondary metabolism and its response to environment [J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2007, 27(6): 2554-2561. (in Chinese)