

为一类,表明应用 AFLP 或 RAPD 均可清晰地将北柴胡与红柴胡区分开,该结果与分类学相一致,且 HC 与其他 8 个栽培种间的遗传相似性系数最小,两者结果相吻合,表明种内差异较小,而种间差异较大。但是三岛柴胡(SD)与北柴胡 LQWY 和 LX 聚为一类。资料表明:三岛柴胡与北柴胡的外观性状及粉末特征都较为接近,三岛柴胡总皂苷和柴胡皂苷 a、d 的量与南北柴胡相近^[17],这 3 种柴胡栽培种游离氨基酸组成分析,南柴胡与北柴胡和三岛柴胡关系较远,而北柴胡和三岛柴胡关系则较近^[18],与本实验结果相一致。但是,两种分子标记聚类结果也不完全一致,表明不同的标记方法在遗传多样性研究中存在差异,这是由于分子标记所反映的不是全部遗传信息而是部分信息,况且不同方法所分析的位点数目也不尽相同,因而聚类结果会有差别。

综上所述,RAPD 和 AFLP 两种分子标记均适合于柴胡种及种下遗传关系分析,尤其在柴胡药材制成饮片或粉碎后,进行品种的快速鉴别显示出明显优势,为优良柴胡栽培种鉴别、目的基因定位以及遗传育种奠定基础。

参考文献:

- [1] 森立之. 神农本草经 [M]. 上海:上海科技卫生出版社, 1959.
- [2] 梁 鸿,赵玉英,邱海蕴,等. 北柴胡中新皂苷的结构鉴定 [J]. 药学报, 1998, 33(1): 37-41.
- [3] 贾 琦,张如意. 柴胡皂苷研究进展 [J]. 药学报, 1989, 24(12): 961-971.
- [4] 潘胜利. 中国的药用柴胡及其药理作用的研究 [A]. 第三届中药研讨会论文摘要集 [C]. 上海:中国药学会, 1996.
- [5] 潘胜利,顺庆生,柏巧明,等. 中国药用柴胡原色图志 [M]. 上海:上海科学技术文献出版社, 2002.
- [6] 王有志. 中药柴胡的物种调查和鉴定 [J]. 中国药学杂志, 1994, 29(1): 16-18.
- [7] 潘胜利. 中药柴胡的生源调查及商品鉴定 [J]. 中药材, 1996, 19(5): 231-234.
- [8] 谢 晖,晁 志,霍克克,等. 9 种柴胡属植物的核糖体 ITS 序列及其在药材鉴定中的应用 [J]. 南方医科大学学报, 2006, 26(10): 1460-1463.
- [9] 梁之桃,秦民坚,王峰涛,等. 柴胡属 5 种植物 RAPD 分析与分类鉴定 [J]. 中草药, 2002, 12(33): 1117-1119.
- [10] 王秀全,李玉新,李会成,等. 北柴胡种源地性的 RAPD 分析 [J]. 中药材, 2003, 12(26): 855-856.
- [11] 付 杨,陈凤清,孙冬雪,等. 大叶柴胡愈伤组织继代培养及其 RAPD 分析 [J]. 东北师大学报:自然科学版, 2005, 37(2): 90-92.
- [12] 刘小刚,秦雪梅,赵春贵,等. 柴胡干叶片 DNA 提取方法研究 [J]. 山西大学学报:自然科学版, 2007, 30(S0): 158-160.
- [13] 顾红雅,瞿礼嘉,明小天,等. 植物基因和分子操作 [M]. 北京:北京大学出版社, 1995.
- [14] Vos P, Hogers R, Bleeker M, et al. AFLP: a new technique for DNA fingerprinting [J]. Nucleic Acids Res, 1995, 23(21): 4407-4414.
- [15] Bassam B J, Caetano-Annoles G, Gresshoff P M. Fast and sensitive silver staining of DNA in polyacrylamide gels [J]. Anal Biochem, 1991, 196(1): 80-83.
- [16] Chalhoub B A, Thibault S, Laucou V, et al. Silver staining and recovery of AFLP amplification products on large denaturing polyacrylamide gels [J]. Biotechniques, 1997, 22(2): 216-220.
- [17] 黄 真,毛庆秋. 甘肃陇南地区三岛柴胡与南、北柴胡的性状及显微组织特征比较 [J]. 温州医学院学报, 2005, 35(4): 326-327.
- [18] 郭丽华. 北柴胡、南柴胡和三岛柴胡比较生物学的研究 [D]. 哈尔滨:东北农业大学, 2003.

五种化感物质对人参根系酶活性的影响

黄小芳,李 勇,易茜茜,丁万隆

(中国医学科学院 北京协和医学院药用植物研究所,北京 100193)

摘 要:目的 研究 5 种化感物质对人参根系酶活性的影响,探讨化感物质对根系保护性酶活性的作用规律。方法 采用营养液培养方法,研究了苯甲酸、邻苯二甲酸二异丁酯、丁二酸二异丁酯、棕榈酸和 2,2-二(4-羟基苯基)丙烷对苗期人参根系过氧化物酶(POD)、过氧化氢酶(CAT)和苯丙氨酸解氨酶(PAL)酶活性的影响。结果 苯甲酸在 3 种浓度下均抑制人参幼苗根系 POD 酶活性,邻苯二甲酸二异丁酯和丁二酸二异丁酯仅在低浓度时抑制 POD 酶活性,棕榈酸和 2,2-二(4-羟基苯基)丙烷 3 种浓度下均促进 POD 酶活性,且与化感物质浓度呈正相关。除丁二酸二异丁酯和棕榈酸外,其余 3 种化感物质均表现为处理浓度与 CAT 酶活性正相关,且与对照相比,化感物质对 CAT 酶活性的影响均表现促进作用。苯甲酸和丁二酸二异丁酯在低浓度时抑制 PAL 酶活性,中浓度处理对 PAL 酶活性的促进作用大于高浓度处理;棕榈酸在低浓度时对 PAL 酶活性的促进作用最强,2,2-二(4-羟基苯基)丙烷在高浓度时对 PAL 酶活性的促进作用最强,邻苯二甲酸二异丁酯对 PAL 酶活性的促进作用与浓度呈正相关。研究还发现,对照及 5 种化感物质处理中的 POD、CAT、PAL 酶活性均随处理时间延长而变化,但酶活性与处理时间无明显相关性。结论 人参根系分泌物中 5 种化感物质对人参根系 POD、CAT 和 PAL 酶活性有显著影响。

关键词:人参;化感物质;酶活性;POD;CAT;PAL

中图分类号:R282.2

文献标识码:A

文章编号:0253-2670(2010)01-0117-05

收稿日期:2009-03-10

基金项目:国家自然科学基金项目(30672619);国家“十一五”科技支撑计划项目(2006BAI09B04-01)

作者简介:黄小芳(1985—),女,山东省滕州市人,硕士研究生,主要从事土壤生态学研究。E-mail:sophia325@163.com

*通讯作者 丁万隆 Tel:(010)62899745 E-mail:wlding@mplad.ac.cn

Effects of five allelochemicals on enzyme activity in *Panax ginseng* roots

HUANG Xiao-fang, LI Yong, YI Xi-xi, DING Wan-long

(Institute of Medicinal Plant Development, Chinese Academy of Medical Sciences and Peking Union

Medical College, Beijing 100193, China)

Abstract : Objective To study the effect and action rules of five allelochemicals on protective enzyme activity of *Panax ginseng* roots. **Methods** By the method of solution culture, the effects of benzoic acid, diisobutyl phthalate, diisobutyl succinate, palmitic acid, and 2,2-bis(4-hydroxyphenyl) propane on the activity of peroxidase (POD), catalase (CAT), and phenylalanine ammonia-lyase (PAL) of *P. ginseng* roots at seedling stage were studied. **Results** Benzoic acid inhibited POD activity at three concentration tested, diisobutyl phthalate and diisobutyl succinate inhibited POD activity at low concentration only, palmitic acid, and 2,2-bis(4-hydroxyphenyl) propane enhanced POD activity at three concentration tested, which was positively correlated to allelochemical concentration. Except for diisobutyl succinate and palmitic acid, the other allelochemicals enhanced CAT activity, and their concentration was positively correlated to the activity. Benzoic acid and diisobutyl succinate inhibited PAL activity at low concentration, and the enhancement of PAL activity at middle concentration was higher than that at high concentration. Palmitic acid at low concentration and 2,2-bis(4-hydroxyphenyl) propane at high concentration enhanced the PAL activity most, and the PAL activity was positively correlated to concentration for 2-benzenedicarboxylic acid bis(2-methylpropyl) ester. Furthermore, the activities of POD, CAT, and PAL fluctuated with time at both control and five allelochemical treatments, but no significant correlation among them. **Conclusion** Five allelochemicals identified from *P. ginseng* roots could significantly influence the activities of POD, CAT, and PAL.

Key words : *Panax ginseng* C. A. Mey.; allelochemicals; enzyme activity; POD; CAT; PAL

人参 *Panax ginseng* C. A. Mey. 是我国传统名贵中草药,具有极强的忌连作性特性,老参地栽种人参会出现长势减弱、病害高发等问题,人参品质和产量受到很大影响。国内外众多学者研究发现,人参连作障碍可能与土壤理化性状恶化、土壤养分亏缺、土壤病原微生物积累有关^[1~3]。近年大量研究报道,不同植物能够通过根系、茎、叶等分泌对自身或邻近植物生长起到抑制作用的化感物质^[4,5]。研究发现,化感物质多是植物在胁迫环境下产生,其通过对植物体内的代谢途径产生影响,进而表现对植物的化感效应^[6]。因此,研究化感物质对人参的毒害作用对于揭示人参连作障碍机制具有重要意义。

王今堆等^[7]从人参种皮提取物中鉴定出对小麦种子萌发及微生物生长有较强抑制作用的酚类化合物。陈长宝等^[8~10]研究发现,参地土壤中含有促进人参病害发生、抑制人参及其愈伤组织生长的化感物质,并最终通过 GC-MS 手段从中鉴定出 18 种化感物质。许世泉等^[11]研究发现,栽参土壤中能够被 XAD-4 树脂吸附的化感物质会造成人参种子根尖组织淀粉粒出现不同程度的空泡化现象,对根尖细胞核膜及核仁具有消解作用。李勇等^[12,13]研究发

现,土壤提取物对人参种子生长的化感效应表现为人参根际土 > 老参地土 > 新林地土;气相色谱-质谱 (GC-MS) 分析发现,老参地土和人参根际土中含有酚酸类和有机酸类化感活性成分。

植物化感作用研究的评价指标很多,以种子萌发^[12,14]、生长指标^[15,16]和生理生化指标^[17,18]评价研究最为常见。前期,笔者已经研究了化感物质对人参种子萌发的影响,但化感物质对人参生理生化指标的影响未做研究,也未见他人的相关研究报道。为此,以人参根系保护酶,即过氧化物酶 (POD)、过氧化氢酶 (CAT) 和苯丙氨酸解氨酶 (PAL) 为研究对象,从根系酶活性变化的角度研究人参根际土壤中的化感成分苯甲酸、邻苯二甲酸二异丁酯、丁二酸二异丁酯、棕榈酸、2,2-二(4-羟基苯基)丙烷对不同酶活性的影响,研究结果不仅有助于揭示人参自毒作用产生机制,同时也为人参化感作用研究中评价指标的合理选用提供参考。

1 材料与方法

1.1 试验材料:生长 3 年的人参幼苗于 2008 年 4 月购于吉林省抚松县万良镇人参栽培基地。苯甲酸 (benzoic acid)、邻苯二甲酸二异丁酯 (diisobutyl

phthalate)、丁二酸二异丁酯(diisobutyl succinate)、棕榈酸(palmitic acid)和 2,2-二(4-羟基苯基)丙烷[2,2-bis(4-hydroxyphenyl) propane]均为分析纯,购于北京化学试剂有限公司。

1.2 工作液的配制及人参幼苗培养:分别将 0.125 g 的上述 5 种化感物质用 5 mL 无水乙醇溶解,再用蒸馏水定容至 500 mL,配制质量浓度为 0.25 g/L 母液。根据李勇等^[13]对人参根际土壤的 GC-MS 分析结果,根据收集获得的总提取物质量、化感物质在提取物中所占比例以及用于提取的土壤总质量,笔者推测 5 种化感物质在土壤中的质量浓度大致介于 0.01~1.00 mg/L,并依此设定含有 1.00 mg/L (高质量浓度)、0.10 mg/L (中质量浓度)和 0.01 mg/L (低质量浓度)化感物质的营养液用于人参自毒活性研究,以不加化感物质的营养液作为对照,每种处理 3 次重复。参考李勇等^[19]的营养液培养法培养人参幼苗,10 d 后从不同处理切取人参鲜根组织,对 POD、CAT 和 PAL 酶活性进行测定,每周测定 1 次,共测 5 次。POD 酶活性参照李合生^[20]的方法,CAT 酶活性参照 Cakmak 等^[21]的方法,PAL 酶活性参照张志良等^[22]的方法。试验于 2008 年 4~6 月在中国医学科学院药用植物研究所栽培中心实验室完成,室内温度控制在 18~25℃,光照度 1 200 lx。

1.3 数据分析:用 SPSS 10.0 软件中的单因素方差分析结合 LSD 法对统计结果进行 0.05 和 0.01 水平的方差分析,比较不同化感物质对人参根系 POD、CAT 和 PAL 酶活性影响的差异显著性。

2 结果与分析

2.1 化感物质对人参根系 POD 酶活性影响:5 种化感物质对人参根系 POD 酶活性的影响,除苯甲酸外,化感效应大致与处理浓度呈正相关。3 种质量浓度苯甲酸对 POD 酶活性均表现抑制作用,低质量浓度时对 POD 酶活性的影响达显著水平($P < 0.05$),POD 酶活性与对照相比降低 19.61%。低质量浓度的邻苯二甲酸二异丁酯对 POD 活性有抑制作用,但不显著;中、高质量浓度的邻苯二甲酸二异丁酯对 POD 酶活性有促进作用,且高质量浓度时达显著水平($P < 0.05$),POD 酶活性比对照增加了 22.88%。丁二酸二异丁酯对 POD 酶活性的作用规律与邻苯二甲酸二异丁酯类似,只是 3 种质量浓度下对 POD 酶活性影响均不显著。3 种质量浓度的棕榈酸对 POD 酶活性均表现促进作用,中、高质量浓度的棕榈酸对 POD 酶活性有极显著影响($P < 0.01$),POD 酶活性分别比对照增加了 51.63%和

59.48%。2,2-二(4-羟基苯基)丙烷对 POD 酶活性的作用规律与棕榈酸相似,低质量浓度时对 POD 酶活性的影响达显著水平($P < 0.05$),中、高质量浓度时对 POD 酶活性的影响达极显著水平($P < 0.01$),POD 酶活性分别比对照增加了 62.75%和 72.55% (图 1)。

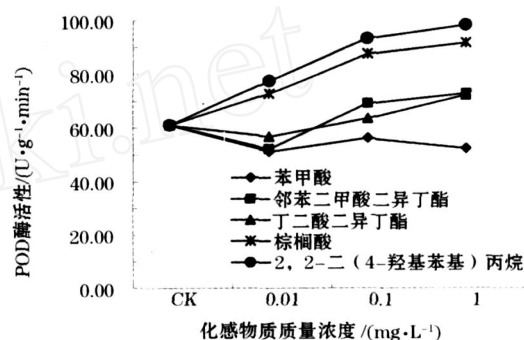


图 1 化感物质对人参根系 POD 酶活性的影响

Fig. 1 Effect of allelochemicals on POD activity of *P. ginseng* roots

2.2 化感物质对人参根系 CAT 酶活性影响:苯甲酸在 3 种质量浓度下对人参根系 CAT 酶活性均有极显著促进作用($P < 0.01$),CAT 酶活性分别比对照增加了 23.94%、21.13%和 38.03%。邻苯二甲酸二异丁酯在 3 种浓度下对人参根系 CAT 酶活性也均表现极显著促进作用($P < 0.01$),CAT 酶活性分别比对照增加了 52.11%、61.97%和 67.14%。3 种质量浓度的丁二酸二异丁酯均对人参根系 CAT 酶活性表现促进作用,中质量浓度时的促进作用达极显著水平($P < 0.01$),CAT 酶活性比对照增加了 53.99%,高质量浓度时促进作用减弱,CAT 酶活性比对照增加了 23.94%。棕榈酸对人参根系 CAT 酶活性的作用规律与丁二酸二异丁酯相似,中质量浓度时促进作用达极显著水平($P < 0.01$),CAT 酶活性比对照增加了 73.71%,高质量浓度时促进作用减弱,CAT 酶活性比对照增加了 29.58%。2,2-二(4-羟基苯基)丙烷在 3 种质量浓度下对人参根系 CAT 酶活性也表现促进作用,中、低质量浓度时促进作用不明显,高质量浓度时促进作用达极显著水平($P < 0.01$),CAT 酶活性比对照增加了 80.28% (图 2)。

2.3 化感物质对人参根系 PAL 酶活性的影响:不同质量浓度处理的 5 种化感物质对人参根系 PAL 酶活性的影响存在较大差异。低质量浓度的苯甲酸对人参根系 PAL 酶活性表现出显著的抑制作用($P < 0.05$),中、高质量浓度时均表现极显著促进作

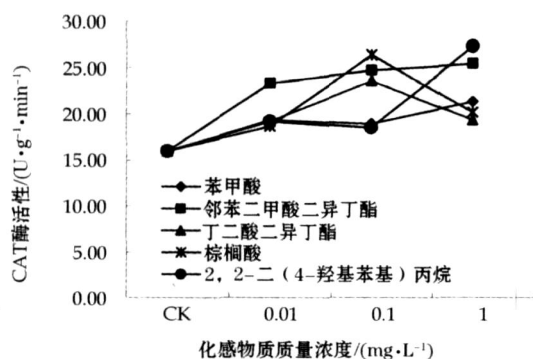


图 2 化感物质对人参根系 CAT 酶活性的影响

Fig. 2 Effect of allelochemicals on CAT activity of *P. ginseng* roots

用 ($P < 0.01$), PAL 酶活性比对照分别增加了 77.78% 和 29.63%。邻苯二甲酸二异丁酯在 3 种质量浓度下对人参根系 PAL 酶活性均表现促进作用,其中低质量浓度时促进作用显著 ($P < 0.05$),中、高质量浓度时促进作用达极显著水平 ($P < 0.01$),PAL 酶活性比对照分别增加了 48.15% 和 50.62%。丁二酸二异丁酯对人参根系 PAL 酶活性的作用规律与苯甲酸相似,在低浓度时表现显著的抑制作用 ($P < 0.05$),中质量浓度时表现极显著的促进作用 ($P < 0.01$),PAL 酶活性比对照增加 35.80%,高质量浓度时促进作用减弱,与对照无显著差异。低和高质量浓度的棕榈酸对 PAL 酶活性均表现极显著的促进作用 ($P < 0.01$),PAL 酶活性比对照分别增加 48.15% 和 18.52%,中质量浓度时也有促进作用,但不显著。2,2-二(4-羟基苯基)丙烷对人参根系 PAL 酶活性的作用规律与棕榈酸一致,在低和高质量浓度时均对人参根系 PAL 酶活性有极显著促进作用 ($P < 0.01$),PAL 酶活性比对照分别增加 48.15% 和 77.78%,中质量浓度时对人参根系 PAL 酶活性有抑制作用,但不显著(图 3)。

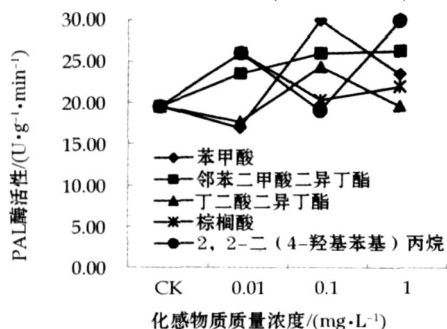


图 3 化感物质对人参根系 PAL 酶活性的影响

Fig. 3 Effect of allelochemicals on PAL activity of *P. ginseng* roots

3 讨论

POD 是酚类化合物的重要氧化酶,在由酚类化合物聚合成木质素的过程中起重要作用。木质素能使细胞壁增厚,提高组织的抗胁迫能力。逆境条件下生长的植物组织内部因抗氧化酶活性受到抑制而导致超氧自由基增多,进而引起细胞生理活动紊乱,CAT 具有分解 H_2O_2 的功能,能够提高植物抗环境胁迫能力。PAL 是酚类物质、植保素、黄酮、木质素等合成途径的限速酶,PAL 与植物抗病性密切相关。化感物质主要通过改变酶活性进而影响植物的生理代谢系统。Baziramakenga 等^[23] 研究发现,苯甲酸、肉桂酸对大豆根细胞 CAT 和 POD 酶活性有抑制作用。Fang 等^[24] 研究发现,外源水杨酸能显著抑制稗草 SOD、POD 和 CAT 酶活性。Bi 等^[25] 研究发现,甲基化茉莉酮酸酯和甲基化水杨酸能显著提高 PAL 酶活性。付士磊等^[26] 研究发现,不同质量浓度硝普钠(SNP)处理杨树离体叶片,POD 活性受到显著抑制;酶粗提液体外试验证明,不同质量浓度 SNP 对 POD 活性的抑制呈明显的浓度及时间效应。林文雄等^[27] 研究发现,水稻叶片浸提液能显著抑制稗草 SOD 和 CAT 酶活性。选择植物保护性酶作为检测指标,能够从生理生化角度间接对化感物质的化感效应做出间接评价。

笔者研究发现,人参幼苗根系 CAT、POD 和 PAL 酶活性的变化与化感物质种类及浓度有明显相关性。人参幼苗根系酶活性的升高可能是其受到化感胁迫后,导致体内过氧化产物增多而启动的一种应激机制,即氧化胁迫诱导了人参根系抗氧化能力的增加。但是,这种适应性的反应只在一定受害程度内发挥作用,当体内过氧化产物积累到一定水平时,各种酶不能正常发挥作用,又会导致酶活性下降。张国华等^[28] 研究发现,0.05 和 0.025 g/mL 的西芹鲜根乙醇和水浸提液均表现对黄瓜叶片 POD 酶活性的显著促进作用,而乙醚浸提液与对照的差异不显著。宋亮等^[18] 研究发现,0.001 mol/L 的阿魏酸、香豆素和香草酸对苜蓿幼苗 SOD、POD、CAT 酶活性有极显著抑制作用。Politycka^[29] 和林群慧等^[30] 研究发现,酚酸类物质可导致黄瓜根系和水稻叶片 PAL 酶活性升高。吴凤芝等^[31] 研究发现,酚酸物质对羟基苯甲酸和苯丙烯酸对黄瓜幼苗 SOD、POD、CAT 酶活性的影响规律存在差异,基本表现为低质量浓度时有促进作用,高质量浓度时有抑制作用或作用不显著。酶活性不仅受外界环境因素影响,植物生长过程中各种酶活性也在不断变化。研

究还发现,随处理时间延长,5种化感物质对3种酶活性的影响也有变化,但酶活性与处理时间无明显相关性。笔者研究还发现,对照处理3种酶活性也随处理时间的延长而变化。张国华等^[28]和吴凤芝等^[31]的研究结果均表明,对照组的保护性酶活性会随处理时间延长而发生明显改变。

参考文献:

- [1] 郭淑华,王玉香,耿运琪,等.栽参对土壤微生物生态的影响[J].生态学报,1990,10(3):286-287.
- [2] 安秀敏,王秀全,刘兆娟,等.老参地栽参的研究进展[J].吉林农业大学学报,1997,19(增刊):89-92.
- [3] 韩东,雷军,杨继祥.老参地问题的研究进展[J].人参研究,1998(2):2-5.
- [4] 郭兰萍,黄璐琦,蒋有绪,等.苍术根茎及根际水土提物生物活性研究及化感物质的鉴定[J].生态学报,2006,26(2):528-535.
- [5] 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.
- [6] 史刚荣.植物根系分泌物的生态效应[J].生态学杂志,2004,23(1):97-101.
- [7] 王今堆,傅学奇,李铁津.人参种子生长抑制物质的特性及其分离鉴定[J].吉林大学自然科学学报,1994(1):94-95.
- [8] 陈长宝,刘继永,王艳艳,等.人参根际化感作用及其对种子萌发的影响[J].吉林农业大学学报,2006,28(5):534-537.
- [9] 陈长宝,王艳艳,刘继永,等.人参根际土壤中化感物质鉴定[J].特产研究,2006,28(2):12-14.
- [10] 陈长宝,许世泉,刘继永,等.人参化感物质对人参愈伤组织生长的影响[J].同济大学学报:医学版,2006,27(5):37-38.
- [11] 许世泉,艾军,王英平,等.人参化感物质对人参根尖组织结构的影响研究[J].特产研究,2007(2):36-38.
- [12] 李勇,朱殿龙,黄小芳,等.不同土壤提物对人参种子生长抑制作用的初步研究[J].中草药,2008,39(7):1070-1074.
- [13] 李勇,黄小芳,丁万隆,等.不同土壤提取物的化感效应及其化学组成研究[J].生态环境,2008,17(3):1173-1178.
- [14] 杜玲,曹光球,林思祖,等.根际土壤提取物对杉木种子发芽的化感效应[J].西北植物学报,2003,23(2):323-327.
- [15] 曹光球,林思祖,王爱萍,等.松根化感物质的生物活性评价与物质鉴定[J].应用与环境生物学报,2005,11(6):686-689.
- [16] 王玉洁,郁继华,张韵,等.两种化感物质对茄子生长及幼苗生理特性的影响[J].甘肃农业大学学报,2007,42(3):47-50.
- [17] 郁继华,张韵,牛彩霞,等.化感物质对茄子幼苗光合作用及叶绿素荧光参数的影响[J].应用生态学报,2006,17(9):1629-1632.
- [18] 宋亮,潘开文,王进闯,等.酚酸类物质对苜蓿种子萌发及抗氧化酶活性的影响[J].生态学报,2006,26(10):3393-3403.
- [19] 李勇,黄小芳,丁万隆.营养元素亏缺对人参根系分泌物成分的影响[J].应用生态学报,2008,19(8):1688-1693.
- [20] 李合生.植物生理生化实验原理和技术[M].北京:高等教育出版社,2000.
- [21] Cakmak I, Marschner H. Magnesium deficiency and high light intensity enhance activities of superoxide dismutase, ascorbate peroxidase, and glutathione reductase in bean leaves[J]. Plant Physiol, 1992, 98: 1222-1227.
- [22] 张志良,瞿伟菁.植物生理学实验指导[M].北京:高等教育出版社,2002.
- [23] Baziramakenga R, Simard R R, Leroux G D. Effects of benzoic and cinnamic acids on membrane permeability of soybean roots[J]. J Chem Ecol, 1995, 21: 1271-1285.
- [24] Fang C X, Xiong J, Qiu L, et al. Analysis of gene expressions associated with increased allelopathy in rice (*Oryza sativa* L.) induced by exogenous salicylic acid[J]. Plant Growth Regul, 2009, 57: 163-172.
- [25] Bi H H, Zeng R S, Su L M, et al. Rice allelopathy induced by methyl jasmonate and methyl salicylate[J]. J Chem Ecol, 2007, 33: 1089-1103.
- [26] 付士磊,周永斌,王森,等.外源NO和ABA对杨树气孔运动和SOD及POD活性的影响[J].沈阳农业大学学报,2004,35(1):29-32.
- [27] 林文雄,何华勤,郭玉春,等.水稻化感作用及其生理生化特性的研究[J].应用生态学报,2001,12(6):871-875.
- [28] 张国华,云兴福.西芹鲜根浸提液对黄瓜叶片内POD和CAT活性的影响[J].内蒙古农业大学学报,2008,29(2):37-42.
- [29] Politycka B. Free and glucosylated phenolics, phenol β -glucosyltransferase activity and membrane permeability in cucumber roots affected by derivatives of cinnamic and benzoic acid[J]. Acta Physiol Plant, 1997, 19(3): 311-317.
- [30] 林群慧,何华勤,林文雄.水稻化感物质作用特性的研究[J].中国生态农业学报,2001,9(1):84-85.
- [31] 吴凤芝,黄彩红,赵凤艳.酚酸类物质对黄瓜幼苗生长及保护酶活性的影响[J].中国农业科学,2002,35(7):821-825.

明党参内生真菌种群的生态分布及其诱导子活性研究

江曙,段金廛,陶金华,严辉,郑建兵

(南京中医药大学,江苏南京 210046)

摘要:目的 研究不同产区、不同生长期明党参内生真菌的种群结构与生态分布,以及内生真菌诱导子对明党参细胞生长与多糖积累的影响。方法 采用微生物分离、培养与鉴定等生物学方法、植物细胞悬浮培养方法以及统计分析方法。结果 从4个产地明党参植株中共分离到8属116株内生真菌,其中镰孢属(*Fusarium* L K ex FR)、地霉属(*Geotrichum* L K)和链格孢属(*Alternaria* Nees)为优势种群。随着明党参生长期的不同,内生真菌种群结构出现明显的动态变化。在苗期和孕蕾期,内生真菌种群丰富,数量较多,尤其是在孕蕾期3种优势种群的分离率和分离频率分别达到30%和19%以上。部分内生真菌种群还具有明显的区域专一性和组织专一性。此外,内生真菌 *Fusarium* sp. 3 诱导子处理组,明党参细胞生长量和多糖量分别比对照提高了31.86%和38.01%。结论 明党参内生真菌具有丰富的生物多样性,种群结构及分布与其生态环境具有密切相关性,且部分明党参

收稿日期:2009-03-10

基金项目:江苏省自然科学基金(BK2007241);南京中医药大学青年科学基金(09XZR19);江苏省方剂研究重点实验室资助项目

作者简介:江曙,男,博士,副教授,主要从事微生物与中药品质的相关研究。E-mail:jiangshu1970@yahoo.com.cn