

农作物秸秆浸提液对丛枝菌根真菌侵染番茄幼苗的影响研究^①

徐 萍^{1,2}, 梁林洲¹, 董晓英¹, 沈仁芳^{1*}

(1 土壤与农业可持续发展国家重点实验室(中国科学院南京土壤研究所), 南京 210008; 2 中国科学院大学, 北京 100049)

摘 要: 本研究采用水稻、小麦、玉米、大豆和番薯 5 种农作物秸秆, 制成水浸提液与 AM 真菌结合施用, 研究秸秆浸提液对 AM 真菌作用效果的影响, 同时分析了 5 种秸秆浸提液的化学组分。结果表明, 水稻、小麦、玉米和番薯秸秆浸提液显著提高了 AM 真菌对番茄根系的侵染, 其中水稻秸秆浸提液处理的番茄生物量及地上部磷含量都有显著增加。经过 GC-MS 测定得到的各秸秆浸提液化学组分主要为酚酸类物质, 这些物质可能对 AM 的调节发挥重要作用。

关键词: 秸秆浸提液; 菌根真菌; 侵染; GC-MS 分析; 酚酸类化合物

中图分类号: S38

我国是一个农业大国, 农作物秸秆资源丰富, 2009 年全国作物秸秆总量达 7 亿 t, 秸秆类型以水稻、小麦和玉米为主, 目前大量的秸秆被焚烧或废弃, 不但造成严重的环境污染, 而且还浪费了宝贵的可再生资源^[1]。同时焚烧秸秆还会造成土壤水分的蒸发及土壤结构的破坏, 造成土壤板结、肥力下降、土壤生态系统恶化, 从而影响作物产量^[2]。因此, 如何做好农作物秸秆的资源化利用已成为亟待解决的农业问题。目前, 秸秆还田是农业生产中主要的秸秆再利用的方式, 它能够有效增加土壤中有机的含量, 改善土壤肥力状况, 提高农田生态环境质量, 特别对缓解中国氮、磷、钾肥比例失调的矛盾, 弥补磷、钾不足有重要意义^[3]。但是作物秸秆 C/N 比值较大, 特别是禾本科作物, 粉碎后直接还田时, 会出现微生物从土壤中争夺氮素的现象, 从而影响农作物正常生长发育, 因此, 在秸秆还田过程中, 应适量添加氮肥, 促进秸秆的分解^[4]。

丛枝菌根(Arbuscular mycorrhiza, AM)真菌作为一种广泛分布于土壤中的微生物, 已有很长的研究历史。国内外的大量研究表明, 丛枝菌根真菌能够促进作物生长^[5], 改善作物对养分元素的吸收, 特别是磷的吸收^[6]; 同时能够增强作物的抗逆性^[7–10]。但是 AM 真菌不能在人工条件下离体培养, 不能快速生产出大量廉价的菌根真菌菌剂, 其最适合的田间条件还未确

定, 应用效果不稳定, 从而限制了 AM 真菌的大面积应用^[11]。越来越多的研究表明, AM 真菌在和植物建立共生关系的过程中, 受到多种信号分子的调控^[12], 包括由植物根系分泌的一些对其他生境共享的植物产生有益或有害作用(化感作用)的化学物质^[13], 另外有机物料在分解过程中释放的次生代谢产物也会影响 AM 真菌的侵染^[14]。因此已有研究者试图通过添加有机物料的方式来提高 AM 真菌的作用效果, 胡君利等^[15]发现菇渣能够促进 AM 真菌对绿豆的侵染, 小麦秸秆、葡萄渣及牛粪组合的堆肥能提高 AM 真菌对细香葱的侵染^[16]。但也有研究表明有机物料的添加不一定能提高 AM 真菌对作物的侵染, 甚至可能抑制菌根的侵染, 即降低 AM 真菌的活性。如 Faria 等^[17]研究表明, 松树、栗和黎豆树叶浸提液抑制了 AM 真菌侵染大豆、玉米和四季豆根系。直到现在, AM 真菌侵染与有机物料是否是协同作用仍是争论的焦点, 其起作用的物质及机制尚不清楚^[18]。而不同的有机物料也为分析其成分和机理提供了机会。

如能将农作物秸秆运用于 AM 真菌施用过程且有效果, 不仅能够提高菌根真菌肥料的肥效, 而且有利于农作物秸秆的资源化。本研究通过对不同的农作物秸秆进行前处理, 将其水浸提液与 AM 真菌结合施用, 观察不同秸秆浸提液对 AM 真菌作用效果的影响, 同时分析其主要的作用成分, 探索其作用机理。

①基金项目: 国家重点基础研究发展计划(973 计划)项目(2013CB127401)、中国科学院知识创新工程重大项目(KSCX2-EW-N-08)、国家自然科学基金面上项目(41371289)、国家自然科学基金青年基金(41001172)和江苏省自然科学基金重点项目(BK2010097)资助。

* 通讯作者(rfshen@issas.ac.cn)

作者简介: 徐萍(1988—), 女, 浙江奉化人, 博士研究生, 主要从事作物营养与养分管理方面的研究。E-mail: xuping@issas.ac.cn

1 材料与方法

1.1 试验材料

试验选用 5 种农作物秸秆, 分别为水稻、小麦、玉米、大豆、番薯, 收集于江苏省淮安市盱眙县。AM 真菌菌剂为摩西球囊霉菌(*Glomus mosseae*), 经玉米扩繁所得, 孢子数为 10 个/g。供试作物和基质分别为番茄和蛭石(试验前 121℃、1 h 高压灭菌 2 次)。

1.2 试验方法

1.2.1 秸秆浸提液制备 将秸秆置于 75℃ 烘箱 48 h (去除真菌孢子), 粉碎, 按 5%(w/w)比例浸泡于蒸馏水中, 25℃ 培养箱中放置 7 天。过滤后制得秸秆浸提液。

1.2.2 秸秆浸提液成分分析 浸提液化学成分提取方法参考文献[19], 取浸提液 50 ml, 用 NaOH 调节 pH 至 12.0 以上, 此时酚酸类物质转化为盐, 溶解性增大。碱性抽提液 10 000 g 离心后, 收集上清液。用正己烷洗涤 5 次, 去除脂类杂质。水层用 HCl 调 pH 至 3.0 以上, 再用乙酸乙酯洗涤 5 次, 收集乙酸乙酯层。42℃ 旋转蒸发去除乙酸乙酯, 定容至 2 ml。检测时取 200 μl 待测液, 氮气吹干, 加入 200 μl BSTFA 反应 60 min。再次吹干后用正己烷溶解, 由气相色谱-质谱联用仪分析(Varian GC(CP 3800)/MS Saturn 2200)。

1.2.3 试验设计 试验设置 6 个处理, 分别为: ①AM+水稻秸秆浸提液; ②AM+小麦秸秆浸提液; ③AM+玉米秸秆浸提液; ④AM+大豆秸秆浸提液; ⑤AM+番薯秸秆浸提液; ⑥AM。育苗基质为菌剂和蛭石的混合物(w/v = 1:5)。番茄种子经 10% 过氧化氢消毒 15 min 后, 用蒸馏水洗净, 铺在放有湿润滤纸的培养皿中, 遮光, 25℃ 催芽。大约两天后, 选取出芽的番茄种子, 播种在装有基质的 12 cm×12 cm 育苗袋中, 每个处理重复 4 次, 每盆装基质 90 g, 播种番茄种子 2 颗。出苗后, 每盆留一棵。一周后, 浸提液处理的番茄, 每盆每周添加 50 ml 浸提液, 对照添加等量蒸馏水。各处理每周添加 1/2 Hoagland 营养液 50 ml 两次。其他时间浇水一致。

1.2.4 收获与测定 4 周后收获, 随后剪取地上部, 洗净、烘干, 记录干重。将根系从基质中分离出来, 洗净后, 随机选取 1 g 左右测定根系侵染率, 其余烘干至恒重。烘干的植物样品粉碎后, 用浓硫酸和 30% 过氧化氢消煮。植株磷含量用紫外分光光度计测定。

菌根侵染率的测定^[20]: 将根系转入根盒, 置于 10% KOH 溶液中, 加热, 90℃ 水浴中保持 30 min;

倾去 KOH 溶液, 小心清洗根盒, 将根段置于 1% HCl 溶液中酸化 5 min, 倾去 HCl; 用 0.05% 曲利苯蓝-乳酸甘油混合溶液浸没根盒, 加热, 90℃ 水浴保持 15 min, 清洗; 将根段移入培养皿中, 置于显微镜下观察, 每个样品数 100 个根段, 其中被侵染的根段数, 即为该样品的侵染率。

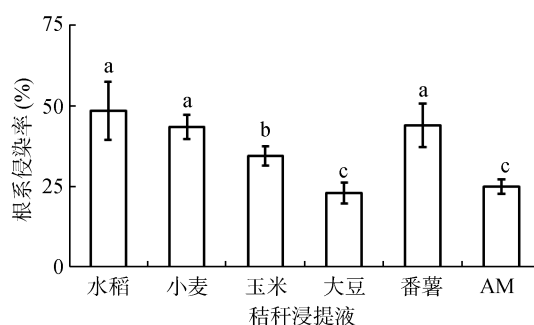
1.3 数据分析

试验所得数据使用 Excel 2007 和 SPSS 18.0 统计软件进行差异分析, 以 Duncan 法进行检验($P < 0.05$)。

2 结果与分析

2.1 不同秸秆浸提液的添加对 AM 真菌侵染率的影响

试验结果表明, 添加秸秆浸提液显著提高了番茄根系的侵染率(图 1)。与只接种菌根的处理相比, 水稻、小麦、玉米和番薯秸秆浸提液均增加了菌根对根系的侵染。其中以水稻秸秆浸提液效果最好, 侵染率为 49%, 其次是番薯秸秆浸提液(侵染率为 44%), 而 AM 处理仅为 25%。添加大豆秸秆浸提液的处理, 其侵染率为 23%, 略低于 AM 处理, 但没有统计上的差异。



(图中小写字母不同表示处理间差异达到 $P < 0.05$ 显著水平, 下同)

图 1 不同秸秆浸提液对 AM 真菌侵染率的影响

Fig. 1 Effects of straw extracts on root colonization

2.2 不同秸秆浸提液的添加对番茄生长的影响

从图 2 可以看出, 除小麦秸秆外, 其他秸秆浸提液均提高了番茄地上部的干重。其中水稻秸秆浸提液处理显著高于 AM 处理, 其值分别为 0.86 g/株和 0.64 g/株。玉米、大豆和番薯秸秆浸提液处理的番茄地上部干重之间没有显著差异。番茄根部的生物量变化情况与地上部类似, 水稻和玉米秸秆浸提液处理显著高于 AM 处理, 其他处理间无显著差异(图 3)。

不同秸秆浸提液的添加不仅促进了番茄生物量的增加, 同时也影响了番茄植株的磷浓度。从图 4 可以看出, 各种浸提液均提高了番茄地上部的磷浓度。

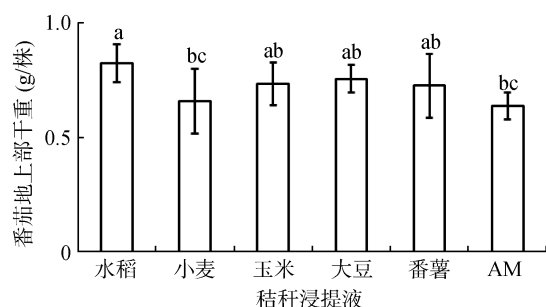


图2 添加不同秸秆浸提液对番茄地上部生物量的影响

Fig. 2 Effects of straw extracts on shoot dry weight of tomato

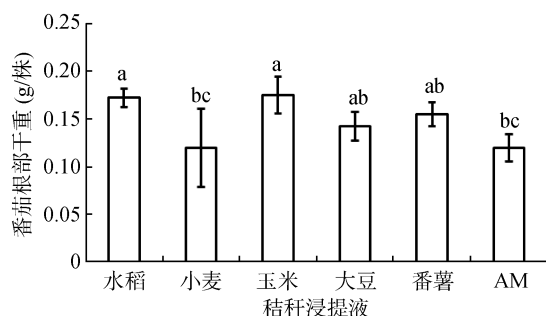


图3 添加不同秸秆浸提液对番茄根部生物量的影响

Fig. 3 Effects of straw extracts on root dry weight of tomato

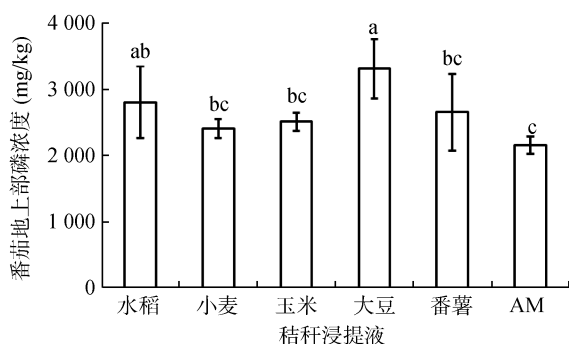


图4 添加不同秸秆浸提液对番茄地上部磷浓度的影响

Fig. 4 Effects of straw extracts on shoot P concentration of tomato

其中水稻和大豆秸秆浸提液的处理达到了统计上的差异,其值分别为2 810 mg/kg和3 317 mg/kg,而AM处理仅为2 163 mg/kg。小麦、玉米和番薯秸秆浸提液处理的番茄地上部磷浓度与对照没有显著差异。

2.3 不同秸秆浸提液的化学成分分析

经过GC-MS测定,得到各秸秆浸提液质谱图。通过比较不同质核比粒子的分布情况,与数据库中的标准物质进行匹配,筛选出了一些匹配度较高的物质。其具体成分和相对含量如表1所示。从表中可以看出,我们所检测到的物质均为酸类或酚酸类。通过对5种秸秆浸提液成分的比较和整合,我们发现出现两次及以上的物质依次为:庚二酸、戊二酸、对羟基苯甲酸、2-羟基戊二酸、香草酸、丁香酸、对羟基苯甲酸和对羟基苯乙酸。而相对含量超过1%的物质在

水稻浸提液中有2-羟基戊二酸、3-甲基-3-羟基戊二酸、庚二酸、3-羟基癸酸、香草酸和丁香酸;小麦浸提液中有对羟基苯甲酸、壬二酸和3-(4-羟基甲基)丙酸;玉米浸提液中有2-羟基戊二酸和对羟基苯甲酸;大豆浸提液中有2-羟基戊二酸、3-羟基己二酸、香草酸、壬二酸和丁香酸;番薯浸提液中有没食子酸和咖啡酸。

3 讨论

传统的秸秆还田方式容易引起植物的自毒作用,主要是由植物分泌的一些次生代谢产物及其分解产物引起的,作用机理包括增加细胞膜通透性、降低酶活性、抑制养分吸收等^[21],从而影响后续作物的生长。Džafić等^[22]研究发现,残留在土壤中的玉米根系会分泌出一种DIMBOA的化感物质,抑制了后作玉米的生长,而接种AM真菌能缓解这种现象。AM真菌除了能促进作物对养分元素的吸收^[23],还能通过促进酚类物质的合成提高宿主植物的抗逆性^[24]。

Lodhi等^[25]在研究小麦的化感作用时,从小麦秸秆及其生长介质中提取到的化感物质主要有肉桂酸、对羟基肉桂酸、对羟基苯甲酸、丁香酸和香草酸等。我们通过GC-MS鉴定出5种秸秆浸提液中的一些酚酸类物质,一部分是常见的酚酸,如对羟基苯甲酸、对羟基苯丙酸、丁香酸、香草酸和咖啡酸等,这也与杨维东等^[26]在水稻秸秆浸提液中提取到的成分一致。这些化感物质也会影响AM真菌的作用效果。我们将农作物秸秆的水浸提液添加到试验中,结果表明,水稻、小麦、玉米和番薯秸秆浸提液能提高AM真菌对番茄根系的侵染,进而提高番茄生物量及促进对磷素养分的吸收。综合来看,添加水稻秸秆浸提液的效果最好。大豆秸秆浸提液虽然没有影响菌根侵染效果,但是对番茄的干重及地上部磷吸收都有一定的促进作用(图1~图4)。Yun等^[27]在添加亚洲蒿地上部提取液及相应的酚类化合物后,显著抑制了菌根及作物的生长,其抑制作用随着浓度的增加而加大。也有研究者从腐殖酸中提取了酚类物质,来研究其对两种AM真菌生长的影响,结果表明酚类物质显著提高了菌株*H. ericae*的生长(10%),而对菌株*H. crustuliniforme*生长无显著影响^[28]。Fries等^[29]表明0.25 mmol/L浓度的对香豆酸和对羟基苯甲酸能促进AM真菌对三叶草和高粱的侵染,而当这两种物质的浓度提高到1.0 mmol/L时,将会产生抑制作用。这些结果表明,酚酸类物质对AM真菌的作用受到真菌类型、酚酸种类及浓度等因素的影响。

表 1 不同秸秆浸提液鉴定所得的化学组分及相对含量
Table 1 Identified components and relative contents of different straw extracts

秸秆 类型	保留 时间	化合物	相对含 量(%)	秸秆 类型	保留 时间	化合物	相对含 量(%)
水稻	18.80	戊二酸	0.42	玉米	18.80	戊二酸	0.27
	22.24	2-羟基戊二酸	1.57		19.31	3,4-二羟基丁酸	0.28
	22.76	3-甲基 3-羟基戊二酸	1.47		20.09	2-羟基 2-甲基丁二酸	0.12
	22.88	庚二酸	1.61		21.83	5-羟甲基-2-呋喃甲酸	0.37
	23.35	对羟基苯甲酸	0.89		22.20	2-异丙基苹果酸	0.47
	23.76	3-羟基葵酸	3.37		22.24	2-羟基戊二酸	1.08
	25.80	对羟基苯丙酸	0.38		22.75	美格鲁托; 羟甲戊二酸	0.30
	25.86	香草酸	1.53		22.88	庚二酸	0.50
	28.16	丁香酸	1.03		23.56	对羟基苯乙酸	0.49
					23.75	3-羟基葵酸	0.64
小麦	22.23	2-羟基戊二酸	0.17	番薯	24.53	邻苯二甲酸	0.30
	22.86	庚二酸	0.32		25.83	对羟基苯丙酸	4.26
	23.33	对羟基苯甲酸	0.20		17.054	甘油酸	0.81
	23.51	3-羟基-4-甲氧基苯甲醇	0.55		18.816	戊二酸	0.27
	23.74	3-羟基葵酸	0.51		20.108	2-羟基 2-甲基丁二酸	0.21
	25.80	对羟基苯丙酸	6.51		22.765	羟甲戊二酸	0.29
	26.43	壬二酸; 杜鹃花酸	3.85		22.896	庚二酸	0.85
	28.11	3-(4-羟基甲基)丙酸	10.99		23.579	对羟基苯乙酸	0.49
大豆	18.80	戊二酸	0.06		24.083	2-羟基己二酸	0.30
	20.92	己二酸	0.11		24.311	3 羟基己二酸	0.29
	22.19	2-异丙基苹果酸	0.92		24.539	3,4-二羟基苯甲醇	0.39
	22.23	2-羟基戊二酸	1.78		25.871	香草酸	0.53
	22.75	羟甲戊二酸	0.42		26.569	2,3,4-三羟基戊二酸	0.87
	22.86	庚二酸	0.55		29.037	没食子酸	3.52
	23.75	3-羟基葵酸	2.29		31.934	咖啡酸	1.03
	24.05	2-羟基己二酸	0.58				
	24.30	3-羟基己二酸	2.73				
	25.86	香草酸	2.91				
	26.42	壬二酸; 杜鹃花酸	2.39				
	28.15	丁香酸	3.98				

关于酚酸类物质影响 AM 真菌的作用机理还尚未有定论。有研究表明酚类化合物在植物和真菌共生关系形成初期至关重要,尤其是类黄酮,它作为一种信号物质能够刺激孢子的萌发,促进菌丝的生长、分枝以及二代孢子的形成^[30]。但是类黄酮调节 AM 真菌的作用机理非常复杂,受到类黄酮种类以及真菌种属的影响^[31]。在我们的研究中,秸秆浸提液对 AM 的调节作用可能是由于其酚酸类组分在发挥类似的作用。后续的研究将会针对某些酚酸类物质的作用效果展开,以期找出秸秆浸提液中关键物质。关于这些化学物质以及它们对 AM 真菌的影响的研究将会让人们更加关注 AM 真菌在农业生产中的重要性,而这些物质也有可能作为一种土壤添加

剂,来调节 AM 真菌的接种效应或者增强土著微生物的作用。

参考文献:

[1] 朱建春,李荣华,杨香云,张增强,樊志民.近 30 年来中国农作物秸秆资源量的时空分布[J].西北农林科技大学学报(自然科学版),2012,40(4):139-145

[2] 杨滨娟,钱海燕,黄国勤,樊哲文,方豫.秸秆还田及其研究进展[J].农学学报,2012,2(5):1-4

[3] 杨文珏,王兰英.作物秸秆还田的现状和展望[J].四川农业大学学报,1999,17(2):211-216

[4] 单智超,冯定超,金晓兴,吕冬梅,张彦,夏淑艳.秸秆还田及土壤 C/N 平衡效应研究[J].农业科技通讯,2013(4):142-144

- [5] 李建伟, 江龙, 袁玲, 黄建国. 不同施肥量条件下 AM 真菌对烟苗生长及营养状况的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2010, 16(5): 1 190–1 195
- [6] Hu JL, Lin XG, Wang JH, Dai J, Cui XC, Chen RR, Zhang JB. Arbuscular mycorrhizal fungus enhances crop yield and P-uptake of maize (*Zea mays* L.): A field case study on a sandy loam soil as affected by long-term P-deficiency fertilization[J]. Soil Biology and Biochemistry, 2009, 41: 2 460–2 465
- [7] Yano K, Takaki M. Mycorrhizal alleviation of acid soil stress in the sweet potato (*Ipomoea batatas*) [J]. Soil Biology and Biochemistry, 2005, 37: 1 569–1 572
- [8] Zhang XH, Lin A, Gao YL, Reid RJ, Wong MH, Zhu YG. Arbuscular mycorrhizal colonisation increases copper binding capacity of root cell walls of *Oryza sativa* L. and reduces copper uptake[J]. Soil Biology and Biochemistry, 2009, 41: 930–935
- [9] Wu QS, Zou YN. Beneficial roles of arbuscular mycorrhizas in citrus seedlings at temperature stress[J]. Scientia Horticulturae, 2010, 125: 289–293
- [10] Borowicz VA. The impact of arbuscular mycorrhizal fungi on strawberry tolerance to root damage and drought stress[J]. Pedobiologia, 2010, 53: 265–270
- [11] 温莉莉, 梁淑娟, 宋鸽. 丛枝菌根(AM)真菌扩繁方法的研究进展[J]. 东北林业大学学报, 2009, 37(6): 92–96
- [12] Harrison MJ. Signaling in the arbuscular mycorrhizal symbiosis[J]. Annual Reviews of Microbiology, 2005, 59: 19–42
- [13] Weston LA, Mathesius U. Flavonoids: Their structure, biosynthesis and role in the rhizosphere, including allelopathy[J]. Journal of Chemical Ecology, 2013, 9: 283–297
- [14] Gryndler M, Hršelová H, Cajthaml T, Havráňková M, Řezáčová V, Gryndlerová H, Larsen J. Influence of soil organic matter decomposition on arbuscular mycorrhizal fungi in terms of asymbiotic hyphal growth and root colonization[J]. Mycorrhiza, 2009, 19: 255–266
- [15] 胡君利, 李博, 林先贵, 武术, 王俊华, 王一明, 李晶. 双孢菇培养基废料对绿豆生长及 AM 真菌侵染的影响[J]. 生态与农村环境学报, 2008, 24(2): 61–65
- [16] Ustuner O, Wininger S, Gadkar V, Badani H, Raviv M, Dudai N, Medina S, Kapulnik Y. Evaluation of different compost amendments with AM fungal inoculum for optimal growth of chives[J]. Compost Science & Utilization, 2009, 17(4): 257–265
- [17] Faria TM, Gomes FG, de Sa ME. Cassiolato AMR. Allelopathic effects of plant aqueous extracts on germination, mycorrhization and initial growth of corn, soybean and bean[J]. Revista Brasileira De Ciencia Do Solo, 2009, 33(6): 1 625–1 633
- [18] Henrike P, Dietmar S, Christian B, Paul M, Eckhard G. Effect of arbuscular mycorrhizal colonization and two levels of compost supply on nutrient uptake and flowering of pelargonium plants[J]. Mycorrhiza, 2007, 17: 469–474
- [19] Zhu H, Mallik AU. Interactions between *Kalmia* and black spruce: Isolation and identification of allelopathic compounds[J]. Journal of Chemical Ecology, 1994, 20(2): 407–421
- [20] Giovannetti M, Mosse B. An evaluation of techniques for measuring vesicular arbuscular mycorrhizal infection in roots[J]. New Phytologist, 1980, 84: 489–500
- [21] 张晓玲, 潘振刚, 周晓峰, 倪吾钟. 自毒作用与连作障碍[J]. 土壤通报, 2007(4): 781–784
- [22] Džafić E, Pongrac P, Likar M, Regvar M, Vogel-Mikuš K. The arbuscular mycorrhizal fungus *Glomus mosseae* alleviates autotoxic effects in maize (*Zea mays* L.)[J]. European Journal of Soil Biology, 2013, 58: 59–65
- [23] Javid A. Arbuscular mycorrhizal mediated nutrition in plants[J]. Journal of Plant Nutrition, 2009, 32: 1 595–1 618
- [24] Zhang RQ, Zhu HH, Zhao HQ, Yao Q. Arbuscular mycorrhizal fungal inoculation increases phenolic synthesis in clover roots via hydrogen peroxide, salicylic acid and nitric oxide signaling pathways[J]. Journal of Plant Physiology, 2013, 170: 74–79
- [25] Lodhi MAK, Bilal R, Malik KA. Allelopathy in agroecosystems: Wheat phytotoxicity and its possible roles in crop rotation[J]. Journal of Chemical Ecology, 1987, 13(2): 1 881–1 891
- [26] 杨维东, 高洁, 刘洁生, 谢小东. 稻秆浸泡化学组分变化对抑制球形棕囊藻(*Phaeocystis globosa*)生长的影响[J]. 生态学报, 2007, 27(12): 5 184–5 192
- [27] Yun KW, Choi SK. Mycorrhizal colonization and plant growth affected by aqueous extract of *Artemisia princeps* var. *orientalis* and two phenolic compounds[J]. Journal of Chemical Ecology, 2002, 28(2): 353–362
- [28] Souto C, Pellissier F, Chiapusio G. Allelopathic effects of humus phenolics on growth and respiration of mycorrhizal fungi[J]. Journal of Chemical Ecology, 2000, 26(9): 2 015–2 023
- [29] Fries LLM, Pacovsky RS, Safir GR, Siqueira JO. Plant growth and arbuscular mycorrhizal fungal colonization affected by exogenously applied phenolic compounds[J]. Journal of Chemical Ecology, 1997, 23(7): 1 755–1 767
- [30] Requena N, Serrano E, Ocon A, Breuninger M. Plant signals and fungal perception during arbuscular mycorrhiza establishment[J]. Phytochemistry, 2007, 68: 33–40
- [31] Scervino JM, Ponce MA, Erra-Bassells R, Vierheilig H, Ocampo JA, Godeas A. Arbuscular mycorrhizal colonization of tomato by *Gigaspora* and *Glomus* species in the presence of root flavonoids[J]. Journal of Plant Physiology, 2005, 162: 625–633

Effects of Crop Straw Extracts on Arbuscular Mycorrhizal Fungi Colonization of Tomato Seedling

XU Ping^{1,2}, LIANG Lin-zhou¹, DONG Xiao-ying¹, SHEN Ren-fang^{1*}

(1 *State Key Laboratory of Soil and Sustainable Agriculture (Institute of Soil Science, Chinese Academy of Sciences)*, Nanjing 210008, China; 2 *University of Chinese Academy of Sciences*, Beijing 100049, China)

Abstract: In this study, five kinds of straw extracts (rice, wheat, corn, soybean and sweet potato) were used to investigate their effects on AM fungi inoculation and the components of these straw extracts were identified as well. The results showed that root colonization was significantly improved by adding rice, wheat, corn and sweet potato straw extracts. Dry weight and shoot P concentration were both significantly increased by rice straw extract. Main chemical components of each straw extracts identified by GC-MS analysis were phenolic acids, which may play an important role in regulating AM fungi.

Key words: Straw extract, AM fungi, Colonization, GC-MS analysis, Phenolic acid