

碱蓬内生真菌 GMF19 次级代谢产物的研究

牛瞻光¹, 张淑静¹, 马一茗², 李晓梦², 桑志旻², 杜丰玉^{2*}¹山东省林业科学研究院森林保护与生物药物研究所, 济南 250014;²青岛农业大学化学与药学院, 青岛 266109

摘要:以碱蓬根茎中分离得到的内生真菌 *Talaromyces pinophilus* GMF19 为研究对象, 研究其代谢产物结构及生物活性多样性。对其发酵产物综合运用硅胶、凝胶、反相硅胶柱色谱及制备高效液相色谱法分离得到 11 个化合物, 通过波谱学方法并与相关文献进行数据比对鉴定其结构, 分别为: trichodermamides A (**1**)、ergosterol (**2**)、adenosine (**3**)、kojic acid (**4**)、5-hydroxy-4-oxo-4H-pyran-2-ethyl formate (**5**)、kojic acid monomethyl ether (**6**)、5-n-heneicosylresorcinol (**7**)、caffeic acid methyl ester (**8**)、(*E*)-caffeamide (**9**)、2,3,4-trihydroxy-6-(hydroxymethyl)-5-methylbenzylalcohol (**10**) 与 *N*_b-acetyltryptamine (**11**)。除化合物 **2** 之外, 其余 10 个化合物均为首次从该属真菌中分离得到。化合物 **2**、**3**、**5** 与 **7** 对至少 2 种供试植物病原真菌具有抑制活性; 而化合物 **1** 及 **4**~**6** 具有卤虫致死活性, 其中 **4** 的 LD₅₀ 值仅为 7.4 μg/mL。

关键词:碱蓬; 内生真菌; 次级代谢产物; 抑菌活性; 卤虫致死活性

中图分类号: Q936

文献标识码: A

文章编号: 1001-6880(2019)12-2082-06

DOI: 10.16333/j.1001-6880.2019.12.010

Secondary metabolites of endophytic fungus GMF19 derived from *Suaeda glauca*NIU Shan-guang¹, ZHANG Shu-jing¹, MA Yi-ming², LI Xiao-meng², SANG Zhi-min², DU Feng-yu^{2*}¹Institute of Forest Protection and Bio-drugger, Shandong Academy of Forest Sciences, Ji'nan 250014, China;²College of Chemistry and Pharmacy, Qingdao Agricultural University, Qingdao 266109, China

Abstract: The structure and bioactivity diversities of *Talaromyces pinophilus* GMF19, an endophytic fungus derived from the rhizome of *Suaeda glauca*, have been researched. Eleven secondary metabolites were purified from its culture extract by the combination of silica gel, Sephadex LH-20, and RP-C18 column chromatography, as well as the preparative high performance liquid chromatography. The structures were elucidated by the analyses of their spectroscopic data to be trichodermamides A (**1**), ergosterol (**2**), adenosine (**3**), kojic acid (**4**), 5-hydroxy-4-oxo-4H-pyran-2-ethyl formate (**5**), kojic acid monomethyl ether (**6**), 5-n-heneicosylresorcinol (**7**), caffeic acid methyl ester (**8**), (*E*)-caffeamide (**9**), 2,3,4-trihydroxy-6-(hydroxymethyl)-5-methylbenzylalcohol (**10**) and *N*_b-acetyltryptamine (**11**). Besides of compound **2**, other ten compounds were firstly reported to be isolated from the genus of *Talaromyces*. Compounds **2**, **3**, **5**, and **7** showed antifungal activities against plant pathogenic fungi, while **1** and **4**~**6** exhibited brine shrimp lethality, especially **4** with the LD₅₀ value of 7.4 μg/mL.

Key words: *Suaeda glauca*; endophytic fungus; secondary metabolites; antifungal activity; brine shrimp lethality

碱蓬 (*Suaeda glauca*) 为藜科 (Chenopodiaceae) 碱蓬属 (*Suaeda*), 属于典型的盐生植物。碱蓬既可生长在海水经常浸没的潮间带, 也能生长在内陆盐碱地区。潮间带地区生长的植株在整个生长期, 地上部分一般为紫红色, 而盐碱地区则呈绿色。前者

受海洋高盐、低温等生态环境影响, 而后者受盐碱及干旱的影响^[1]。碱蓬内生真菌指那些在其生活史中的全部或某段时期生活在宿主体内, 但不引起宿主明显病害症状的真菌。因为碱蓬特殊的生存环境, 其内生真菌往往具有独特的次生代谢途径与遗传背景, 代谢产物化学及生物活性多样性也因此较为丰富^[2-4]。本文报道从采自黄河入海口潮间带湿地的碱蓬根茎中分离得到一株内生真菌 *Talaromyces pinophilus* GMF19, 并从其发酵产物中分离鉴定了 11 个化合物。除化合物 **2** 之外, 其余 10 个化合物均为

收稿日期: 2019-03-27 接受日期: 2019-11-06

基金项目: 国家重点研发计划 (2018YFC1200400); 山东省重点研发计划 (2016GSF121007, 2018GS F121036); 青岛农业大学高层次人才科研基金 (663-111439)

* 通信作者 E-mail: fooddy@126.com

首次从该属真菌中分离得到。

1 材料与方法

1.1 仪器与试剂

Bruker Avance III 500 MHz 核磁共振波谱仪(布鲁克公司,德国);Agilent 1290 Infinity /6460 UH-PLC/MS/MS 质谱仪(安捷伦公司,美国);Dionex Ultimate 3000 高效液相色谱仪(戴安公司,美国);Sinochrom ODS-BP, 10 mm × 250 mm, 5 μm 半制备柱(大连依利特分析仪器有限公司,中国);真菌基因组 DNA 抽提试剂盒(Ezup 柱式, 100 Preps, 上海生物工程股份有限公司);所用有机溶剂为重蒸的工业级溶剂。

1.2 菌株发酵

1.2.1 菌株

菌株 GMF19 从采自黄河入海口潮间带湿地的碱蓬根茎中分离得到,保存于青岛农业大学化学与药学院新农药创制研究所,以琼脂-麦芽膏培养基 4 °C 保存。应用真菌基因组抽提试剂盒提取菌株 GMF19 的 DNA, PCR 扩增其 r DNA ITS 序列并测序,测序结果通过 BLAST 程序在 NCBI 上进行相似性序列分析。菌株 GMF19 与 *Talaromyces pinophilus* (GenBank accession number: KJ207414.1) 的相似度为 99%, 因此初步鉴定该菌株为 *Talaromyces pinophilus* GMF19。

1.2.2 发酵培养

菌株采用大米培养基(大米 70 g、玉米浆 0.15 g、蛋白胨 0.45 g、人工海水 150 mL,置于 1 L 三角烧瓶中)发酵,共接种 50 瓶。28 °C 静止发酵 30 天。

1.3 提取与分离

培养基以乙酸乙酯超声提取 3 次,合并提取液,减压蒸干得到乙酸乙酯提取物 25.1 g。将其应用减压硅胶柱层析分离,以石油醚-乙酸乙酯及二氯甲烷-甲醇体系进行梯度洗脱,经薄层层析色谱检测,合并为 10 个组分(Fr. 1 ~ 10)。Fr. 3 组分经 Sephadex LH-20(二氯甲烷:甲醇 = 1:1)凝胶柱色谱分离得到化合物 **2**(5.2 mg)。Fr. 4 组分经反相硅胶柱色谱梯度洗脱(甲醇-水体系)得到 4 个组分(Fr. 4-1 ~ 4),其中 Fr. 4-4 组分经 Sephadex LH-20(甲醇)凝胶柱色谱得到化合物 **7**(10.3 mg)。Fr. 5 及 Fr. 6 组分同样经反相硅胶柱色谱梯度洗脱(甲醇-水体系),分别得到 5 个组分(Fr. 5-1 ~ 5 及 Fr. 6-1 ~ 5),其中 Fr. 5-1 组分经半制备高效液相色谱法(15% 乙腈-水, 3 mL/min, 230 nm)得到化合物 **4**(30.2 mg, $t_R =$

6.4 min)、**5**(43.8 mg, $t_R = 13.2$ min)及**6**(3.1 mg, $t_R = 10.6$ min); Fr. 5-2 组分经制备薄层层析色谱法(三氯甲烷-甲醇-甲酸 = 30:1:0.05)得到化合物 **8**(12.3 mg)及**9**(6.4 mg)。而 Fr. 6-1 组分经半制备高效液相色谱法(15% 甲醇-水, 3 mL/min, 230 nm)得到化合物 **10**(32.5 mg, $t_R = 6.1$ min)与**11**(17.2 mg, $t_R = 12.9$ min),组分 Fr. 6-2 及 6-3 分别经 Sephadex LH-20(甲醇)凝胶柱色谱及制备薄层层析色谱法(三氯甲烷:甲醇 = 20:1)得到化合物 **3**(14.2 mg)及**1**(4.5 mg)。

1.4 活性测定

1.4.1 抑制植物病原真菌活性

采用 96 孔板微量稀释法测定化合物对苹果腐烂病菌(*Valsa mali*)、苹果轮纹病菌(*Phylospora piricola*)、苹果炭疽病菌(*Colletotrichum gloeosporioides*)及小麦纹枯病菌(*Rhizoctonia cerealis*)等 4 种植物病原真菌的抑制活性^[5]。化合物以 50% DM-SO 水溶液溶解得到浓度为 10 mg/mL 的母液,并依次二倍稀释至不同浓度的溶液备用。供试植物病原真菌接种于 PDA 培养基表面,28 °C 培养 5 ~ 7 天;无菌 0.85% NaCl 溶液洗涤并刮下菌丝,调至 0.5 麦氏浊度(相当于 1.5×10^8 CFU/mL),进一步以无菌 PDB 培养基稀释备用。分别吸取 5 μL 化合物溶液及 95 μL 菌悬液至 96 孔板,震荡混匀,28 °C 培养 5 天,观察孔内菌丝生长情况,能够在小孔内完全抑制指示菌生长的样品溶液即具有抗菌活性,并记录最小抑制浓度。

1.4.2 卤虫致死活性

卤虫致死活性以卤虫(brine shrimp)为试虫,具有操作简便、消耗样品量少等特点,可用于农用杀虫活性快速初筛^[6]。化合物以 DMSO 溶解得到浓度为 4 mg/mL 的母液,并依次二倍稀释至不同浓度的溶液备用。分别吸取 5 μL 化合物溶液及 195 μL 人工海水(约含卤虫 20 只左右)至 96 孔板,28 °C 恒温生化培养箱中培养 24 h,在双目解剖镜下观察卤虫的存活状况并计算致死率与半数致死浓度 LD₅₀ 值。卤虫致死活性用校正死亡率表示,计算公式如下:

$$\text{校正死亡率} = (\text{对照组存活率} - \text{处理组存活率}) / \text{对照组存活率} \times 100\%$$

2 实验结果

2.1 结构鉴定

化合物 **1** 淡黄色粉末(甲醇); $[\alpha]_D^{24} = +114.0$, c 0.18, MeOH; $^1\text{H NMR}$ (MeOD) δ_{H} : 2.51

(1H, m, H-3a); 2.09 (1H, m, H-3b); 4.24 (1H, m, H-5); 5.45 (1H, m, H-6); 5.42 (1H, m, H-7); 4.01 (1H, m, H-8); 4.01 (1H, m, H-9); 8.57 (1H, d, $J = 4.0$ Hz, H-3'); 7.52 (1H, m, H-5'); 7.15 (1H, m, H-6'); 3.91 (3H, s, H-10'); 3.85 (3H, s, H-11'); ¹³C NMR (MeOD) δ_c : 161.5 (C-1, C); 150.6 (C-2, C); 23.6 (C-3, CH₂); 67.9 (C-4, C); 73.7 (C-5, CH); 130.4 (C-6, CH); 128.5 (C-7, CH); 66.7 (C-8, CH); 84.4 (C-9, CH); 158.3 (C-1', C); 121.4 (C-2', C); 124.2 (C-3', CH); 114.2 (C-4', C); 123.5 (C-5', CH); 110.6 (C-6', CH); 154.3 (C-7', C); 135.7 (C-8', C); 144.0 (C-9', C); 56.9 (C-10', CH₃); 61.4 (C-11', CH₃); ESI-MS: m/z 455.1 [M + Na]⁺. 其波谱数据与文献^[7]报道基本一致, 鉴定其为 trichodermamides A。

化合物 2 白色粉末(三氯甲烷); $[\alpha]_D^{24} = -134.7$, c 0.35, CHCl₃; ¹H NMR (CDCl₃) δ_H : 3.64 (1H, m, H-3); 2.50 (1H, m, H-4a); 2.26 (1H, m, H-4b); 5.58 (1H, dd, $J = 5.5, 2.2$ Hz, H-6); 5.39 (1H, m, H-7); 0.96 (3H, s, H-18); 0.64 (3H, s, H-19); 1.05 (3H, d, $J = 6.6$ Hz, H-21); 5.22 (1H, dd, $J = 15.2, 7.0$ Hz, H-22); 5.16 (1H, dd, $J = 15.2, 7.5$ Hz, H-23); 0.84 (3H, d, $J = 7.0$ Hz, H-26); 0.85 (3H, d, $J = 7.0$ Hz, H-27); 0.90 (3H, d, $J = 7.0$ Hz, H-28); ¹³C NMR (CDCl₃) δ_c : 38.6 (C-1, CH₂); 32.2 (C-2, CH₂); 70.7 (C-3, CH); 40.6 (C-4, CH₂); 140.0 (C-5, C); 119.8 (C-6, CH); 116.1 (C-7, CH); 141.0 (C-8, C); 46.6 (C-9, CH); 37.5 (C-10, C); 21.4 (C-11, CH₂); 39.5 (C-12, CH₂); 42.2 (C-13, C); 54.2 (C-14, CH); 23.4 (C-15, CH₂); 28.6 (C-16, CH₂); 55.5 (C-17, CH); 12.6 (C-18, CH₃); 16.5 (C-19, CH₃); 40.8 (C-20, CH); 21.5 (C-21, CH₃); 135.9 (C-22, CH); 132.1 (C-23, CH); 42.7 (C-24, CH); 33.0 (C-25, CH); 20.1 (C-26, CH₃); 19.6 (C-27, CH₃); 17.8 (C-28, CH₃); ESI-MS: m/z 397.3 [M + H]⁺. 其波谱数据与文献^[8]报道基本一致, 鉴定其为 ergosterol。

化合物 3 白色粉末(甲醇); $[\alpha]_D^{24} = -68.9$, c 0.24, MeOH; ¹H NMR (MeOD) δ_H : 8.31 (1H, s, H-2); 8.18 (1H, s, H-8); 5.96 (1H, d, $J = 6.4$ Hz, H-1'); 4.74 (1H, dd, $J = 6.4, 5.1$ Hz, H-2'); 4.32 (1H, dd, $J = 5.1, 2.6$ Hz, H-3'); 4.17 (1H, q, $J = 2.6$ Hz, H-4'); 3.88 (1H, dd, $J = 12.6, 2.6$ Hz, H-

5a'); 3.75 (1H, dd, $J = 12.6, 2.6$ Hz, H-5b'); ¹³C NMR (MeOD) δ_c : 152.1 (C-2, CH); 148.6 (C-4, C); 119.6 (C-5, C); 156.2 (C-6, C); 140.6 (C-8, CH); 89.8 (C-1', CH); 86.8 (C-2', CH); 74.1 (C-3', CH); 71.3 (C-4', CH); 62.1 (C-5', CH₂); ESI-MS: m/z 290.1 [M + Na]⁺. 其波谱数据与文献^[9]报道基本一致, 鉴定其为 adenosine。

化合物 4 白色粉末(甲醇); ¹H NMR (MeOD) δ_H : 8.03 (1H, s, H-1); 6.35 (1H, s, H-4); 4.30 (2H, s, H-6); ¹³C NMR (MeOD) δ_c : 139.7 (C-1, CH); 146.2 (C-2, C); 174.4 (C-3, C); 110.3 (C-4, CH); 168.5 (C-5, C); 60.0 (C-6, CH₂); ESI-MS: m/z 143.0 [M + H]⁺. 其波谱数据与文献^[8]报道基本一致, 鉴定其为 kojic acid。

化合物 5 白色粉末(三氯甲烷); ¹H NMR (CDCl₃) δ_H : 7.87 (1H, s, H-1); 6.52 (1H, s, H-4); 4.93 (2H, s, H-7); 2.17 (3H, s, H-8); ¹³C NMR (CDCl₃) δ_c : 138.4 (C-1, CH); 146.0 (C-2, C); 174.1 (C-3, C); 111.4 (C-4, CH); 169.9 (C-5, C); 162.8 (C-6, C); 61.4 (C-7, CH₂); 20.6 (C-8, CH₃); ESI-MS: m/z 185.3 [M + H]⁺. 其波谱数据与文献^[10]报道基本一致, 鉴定其为 5-hydroxy-4-oxo-4H-pyran-2-ethyl formate。

化合物 6 白色粉末(甲醇); ¹H NMR (MeOD) δ_H : 8.02 (1H, s, H-1); 6.50 (1H, s, H-4); 4.43 (2H, s, H-6); 3.76 (3H, s, H-7); ¹³C NMR (MeOD) δ_c : 139.1 (C-1, CH); 148.3 (C-2, C); 175.3 (C-3, C); 110.1 (C-4, CH); 169.4 (C-5, C); 59.7 (C-6, CH₂); 55.7 (C-7, CH₃); ESI-MS: m/z 157.1 [M + H]⁺. 其波谱数据与文献^[11]报道基本一致, 鉴定其为 kojic acid monomethyl ether。

化合物 7 白色粉末(甲醇); ¹H NMR (MeOD) δ_H : 6.12 (1H, s, H-2); 6.12 (1H, s, H-4); 6.07 (1H, s, H-6); 2.43 (2H, t, $J = 7.7$ Hz, H-7); 1.55 (2H, m, H-8); 1.28 (18 × 2H, m, H-9 ~ H-26); 0.89 (3H, t, $J = 6.8$ Hz, H-27); ¹³C NMR (MeOD) δ_c : 158.4 (C-1, C); 106.8 (C-2, CH); 144.9 (C-3, C); 106.8 (C-4, CH); 158.4 (C-5, C); 100.0 (C-6, CH); 35.7 (C-7, CH₂); 31.2 (C-8, CH₂); 29.2 (C-9, CH₂); 29.6 (C-10 ~ 23, CH₂); 29.2 (C-24, CH₂); 31.8 (C-25, CH₂); 22.5 (C-26, CH₂); 13.5 (C-27, CH₃); ESI-MS: m/z 405.1 [M + H]⁺. 其波谱数据

与文献^[12]报道基本一致,鉴定其为 5-n-heneicosyl-resorcinol。

化合物 8 白色粉末(甲醇);¹H NMR (MeOD) δ_{H} : 7.11 (1H, d, $J = 1.9$ Hz, H-2); 6.97 (1H, dd, $J = 8.2, 2.0$ Hz, H-5); 6.78 (1H, d, $J = 8.1$ Hz, H-6); 7.33 (1H, d, $J = 15.9$ Hz, H-7); 6.34 (1H, d, $J = 15.9$ Hz, H-8); 3.88 (3H, s, COCH₃); ¹³C NMR (MeOD) δ_{C} : 127.9 (C-1, C); 114.9 (C-2, CH); 147.7 (C-3, C); 147.8 (C-4, C); 122.1 (C-5, CH); 121.3 (C-6, CH); 139.9 (C-7, CH); 109.8 (C-8, CH); 174.9 (C-9, CO); 55.0 (C-10, COCH₃); ESI-MS: m/z 217.1 [M + Na]⁺。H-7 与 H-8 的耦合常数为 15.9 Hz, 表明 C7-C8 双键为 *E* 构型; 此外, 其波谱数据与文献^[13]报道基本一致, 鉴定其为 caffeic acid methyl ester。

化合物 9 白色粉末(甲醇);¹H NMR (MeOD) δ_{H} : 7.11 (1H, d, $J = 1.9$ Hz, H-2); 6.97 (1H, dd, $J = 8.2, 1.9$ Hz, H-5); 6.77 (1H, d, $J = 8.1$ Hz, H-6); 7.32 (1H, d, $J = 15.9$ Hz, H-7); 6.34 (1H, d, $J = 15.9$ Hz, H-8); ¹³C NMR (MeOD) δ_{C} : 127.9 (C-1, C); 114.9 (C-2, CH); 147.6 (C-3, C); 147.8 (C-4, C); 122.2 (C-5, CH); 121.3 (C-6, CH); 139.9 (C-7, CH); 109.8 (C-8, CH); 174.9 (C-9, CO); ESI-MS: m/z 180.0 [M + H]⁺。H-7 与 H-8 的耦合常数为 15.9 Hz, 表明 C7-C8 双键为 *E* 构型; 此外,

其波谱数据与文献^[14]报道基本一致, 鉴定其为 (*E*)-caffeamide。

化合物 10 白色粉末(甲醇);¹H NMR (MeOD) δ_{H} : 4.88 (2H, s, H-7); 4.84 (2H, s, H-8); 1.92 (3H, s, H-9); ¹³C NMR (MeOD) δ_{C} : 108.8 (C-1, C); 144.5 (C-2, C); 133.1 (C-3, C); 138.2 (C-4, C); 116.2 (C-5, C); 129.0 (C-6, C); 73.1 (C-7, CH₂); 72.3 (C-8, CH₂); 12.7 (C-9, CH₃); ESI-MS: m/z 201.3 [M + H]⁺。其波谱数据与文献报道^[15]基本一致, 鉴定其为 2,3,4-trihydroxy-6-(hydroxymethyl)-5-methylbenzylalcohol。

化合物 11 白色粉末(甲醇);¹H NMR (MeOD) δ_{H} : 7.07 (1H, s, H-2); 7.07 (1H, d, $J = 7.9$ Hz, H-4); 6.99 (1H, ddd, $J = 7.9, 6.9, 1.0$ Hz, H-5); 7.54 (1H, m, H-6); 7.33 (1H, d, $J = 8.1$ Hz, H-7); 2.93 (3H, t, $J = 7.4$ Hz, H-8); 3.46 (3H, t, $J = 7.4$ Hz, H-9); 1.92 (3H, s, H-11); ¹³C NMR (MeOD) δ_{C} : 122.0 (C-2, CH); 110.8 (C-3, C); 127.4 (C-3a, C); 117.8 (C-4, CH); 118.1 (C-5, CH); 120.9 (C-6, CH); 111.9 (C-7, CH); 136.8 (C-7a, C); 24.8 (C-8, CH₂); 40.2 (C-9, CH₂); 171.9 (C-10, C); 21.2 (C-11, CH₃); ESI-MS: m/z 225.1 [M + Na]⁺。其波谱数据与文献^[16]报道基本一致, 鉴定其为 *N*_b-acetyltryptamine。

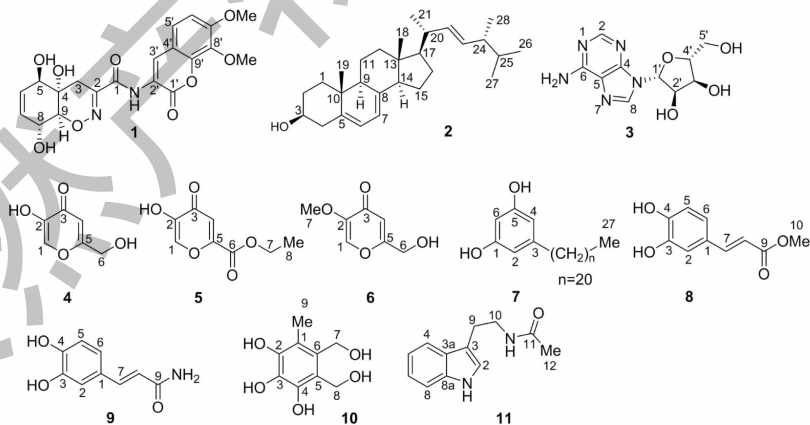


图 1 化合物 1~11 的化学结构

Fig. 1 Chemical structures of compounds 1-11

2.2 活性测定

化合物 1~11 的抑制植物病原真菌及虫豸致死活性测定结果见表 1。可见, 化合物 2 对四种供试植物病原真菌都具有抑制活性, 尤其对苹果炭疽病

菌的 MIC 为 32 $\mu\text{g}/\text{mL}$, 略高于阳性对照多菌灵; 化合物 7 对苹果腐烂病菌和小麦纹枯病菌的 MIC 为 32 和 64 $\mu\text{g}/\text{mL}$; 此外, 化合物 3 及 5 也对两种供试菌表现出抑制活性。 γ -吡喃酮类化合物 4~6 具

有不同程度的卤虫致死活性,尤其化合物 **4** 的 LD₅₀ 值仅为 7.4 μg/mL,略强于阳性对照秋水仙碱(LD₅₀ 值为 8.5 μg/mL);初步的构效关系分析表明,γ-吡

喃酮类化合物的卤虫致死活性可能与其 2-OH 及 5-CH₂OH 取代基有关。此外,化合物 **1** 也表现中等程度的卤虫致死活性。

表 1 化合物 **1** ~ **11** 的活性测定结果

Table 1 Bioassay results of compounds **1-11**

化合物 Compound	最小抑制浓度 Minimum inhibition concentration (MIC, μg/mL)				卤虫致死活性 Brine shrimp lethality (LD ₅₀ , μg/mL)
	苹果腐烂病菌 <i>V. mali</i>	苹果轮纹病菌 <i>P. piricola</i>	苹果炭疽病菌 <i>C. gloeosporioides</i>	小麦纹枯病菌 <i>R. cerealis</i>	
1	-	-	-	-	95.7
2	128	256	32	128	-
3	128	256	-	128	-
4	-	-	-	-	7.4
5	-	-	128	128	314.4
6	-	-	-	-	217.6
7	32	-	-	64	-
8	-	-	-	128	-
10	-	-	-	128	-
11	-	-	-	128	-
多菌灵 Carbendazim	8	16	16	32	-

3 结论

因为碱蓬高盐碱的独特生存环境,其内生真菌具有丰富的化学及生物活性多样性。本论文从碱蓬内生真菌 *Talaromyces pinophilus* GMF19 发酵产物中分离鉴定了 11 个化合物,结构类型包括修饰二肽类(**1**)、甾醇类(**2**)、腺苷类(**3**)、γ-吡喃酮类(**4**~**6**)及芳香族衍生物(**7**~**11**);化合物 **2**、**3**、**5** 与 **7** 对至少 2 种供试植物病原真菌具有抑制活性,而化合物 **1** 及 **4**~**6** 具有卤虫致死活性,其中 **4** 的 LD₅₀ 值仅为 7.4 μg/mL。本研究丰富了碱蓬内生真菌的代谢产物化学多样性,并为其在农业领域的进一步开发利用奠定了基础。

参考文献

- Kong Y, Zheng Y. Variation of sodium uptake rate in *Suaeda glauca* (Bunge) and its relation to plant size and salt acclimation[J]. Can J Plant Sci, 2017, 97: 466-472.
- Jiang H, Xiu YP, Zheng Y, et al. Isolation and identification of *Bacillus subtilis* from *Suaeda salsa* and its bacteriostatic activity detection[J]. J Liaoning Normal Univ: Nat Sci (辽宁师范大学学报: 自科版), 2011, 34: 503-507.

- Niu XG, Song LC, Han M, et al. Diversity of endophytic fungi of *Suaeda heteroptera* Kitag [J]. Micro China (微生物学通报), 2012, 39: 1388-1395.
- Zhao Y, Yu F, Guo MM, et al. Isolation, identification and growth-promoting effect of *Suaeda salsa* endophyte fungus JP3 [J]. J Liaoning Normal Univ: Nat Sci (辽宁师范大学学报: 自科版), 2015, 33: 116-120.
- Li Y, Liu S, Zhang K, et al. Study on secondary metabolites of endophytic fungi strain TPL04 from *Tephrosia purpurea* [J]. Nat Prod Res Dev (天然产物研究与开发), 2019, 31: 633-637.
- Zhou YM, Ju GL, Xiao L, et al. Cyclodepsipeptides and sesquiterpenes from marine-derived fungus *Trichothecium roseum* and their biological functions [J]. Mar Drugs, 2018, 16 (12): 519.
- Garo E, Starks CM, Jensen PR, et al. Trichodermamides A and B, cytotoxic modified dipeptides from the marine-derived fungus *Trichoderma virens* [J]. J Nat Prod, 2003, 66: 423-426.
- Du DY, Li XM, Li CS, et al. Chemical constituents of *Aspergillus sydowii* EN-198, an endophytic fungus derived from the marine-mangrove plant *Hibiscus tiliaceus* [J]. Mar Sci (海洋科学), 2012, 36: 6-11.