

李娜,李振轮,杨兴有,等. 11 种矿质营养元素对烟草疫霉菌菌丝生长的影响[J]. 江苏农业科学,2014,42(7):125-128.

# 11 种矿质营养元素对烟草疫霉菌菌丝生长的影响

李娜<sup>1</sup>, 李振轮<sup>2</sup>, 杨兴有<sup>3</sup>, 杨笑笑<sup>2</sup>, 何凯<sup>2</sup>, 杨水英<sup>1</sup>

(1. 西南大学植物保护学院/重庆市植物病害生物学重点实验室, 重庆 400716;

2. 西南大学资源环境学院/土壤多尺度界面过程与调控重庆市重点实验室, 重庆 400716;

3. 四川省烟草公司达州市分公司, 四川达州 635000)

**摘要:**研究了 11 种矿质营养元素对烟草疫霉菌菌丝 (*Phytophthora nicotianae*) 生长的影响。结果表明, 高浓度的 N、K、P 都能极显著抑制烟草疫霉菌菌丝的生长。中量元素 Ca 对疫霉菌菌丝生长有极显著的促进作用, 低浓度 Mg 极显著促进疫霉菌菌丝生长, 高浓度 Mg 极显著抑制疫霉菌菌丝生长。Ca 对烟草疫霉菌的菌丝生长具有极显著的促进作用。微量元素 B、Cu 对烟草疫霉菌菌丝生长作用不显著。高浓度 Fe 极显著抑制疫霉菌的生长。低浓度 Mn 极显著抑制烟草疫霉菌菌丝的生长。高浓度 Zn 对疫霉菌菌丝生长有极显著的抑制作用。高浓度的 Mo 对烟草疫霉菌生长有极显著的抑制作用。

**关键词:**矿质营养元素; 烟草疫霉菌; 菌丝生长

**中图分类号:** S435.72 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2014)07-0125-03

烟草是我国重要的经济作物之一, 由烟草疫霉菌 (*Phytophthora nicotianae*) 引起的烟草黑胫病是重要的土传病害, 传统的防治方法如化学防治、栽培防治、生物防治等的防治效果不是很理想, 同时容易污染环境。矿质营养元素既是植物生长必需的营养物质, 又可以控制植物病害的发生, 对环境不会造成污染, 是目前国内外的研究热点。研究表明, 土壤中矿质营养元素不仅影响植物的正常生长发育, 而且对真菌、细菌、病毒等病原物引起的侵染性植物病害也有显著影响<sup>[1]</sup>。Sugimoto 等研究表明, 大豆移栽前及移栽后 14 d, 喷施甲酸钙、硝酸钙都能显著抑制大豆茎腐病的发生, 而且发生起始期也明显延迟<sup>[2]</sup>。目前, 关于矿质营养元素对病原菌的作用研究较少。本研究探究了 11 种矿质营养元素对烟草疫霉菌菌丝生长的影响, 旨在为控制烟草疫霉菌菌丝在土壤中的生长、减少植物病害的发生提供依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料

1.1.1 供试菌株 从四川省达州市宣汉县的烟草种植区土壤中分离得到的烟草疫霉菌<sup>[3]</sup>。

1.1.2 矿质营养元素 KCl、NH<sub>4</sub>Cl、NaNO<sub>3</sub>、Na<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub>、CaCl<sub>2</sub>、MgSO<sub>4</sub>、CuSO<sub>4</sub>、ZnSO<sub>4</sub>、MnSO<sub>4</sub>、Fe<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub>、Na<sub>2</sub>B<sub>4</sub>O<sub>7</sub>、Na<sub>2</sub>MoO<sub>4</sub> 所有试剂均为分析纯, 用超纯水配制成 1 mol/L 母液备用。

1.1.3 PDA 培养基 马铃薯 200 g, 葡萄糖 20 g, 琼脂粉

15 g, 超纯水 1 000 mL。

### 1.2 方法

1.2.1 含不同矿质营养元素的 PDA 培养基制备 根据植物在土壤中矿质营养元素的缺乏临界值、毒害临界值, 矿质营养元素浓度设置如表 1 所示。

表 1 不同矿质元素在土壤中的缺乏临界值、毒害临界值

| 矿质元素                         | 设置浓度   |                       |     |                       |
|------------------------------|--------|-----------------------|-----|-----------------------|
|                              | 一      | 二                     | 三   | 四                     |
| P                            | 5.00   | 10.00                 | 100 | 200.00                |
| K                            | 50.00  | 100.00 <sup>[4]</sup> | 150 | 200.00 <sup>[5]</sup> |
| NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> | 0.50   | 1.00                  | 100 | 200.00                |
| NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> | 0.50   | 1.00                  | 50  | 94.00                 |
| Ca                           | 200.00 | 400.00                | 800 | 1 500.00              |
| Mg                           | 30.00  | 60.00                 | 450 | 800.00 <sup>[6]</sup> |
| Fe <sup>3+</sup>             | 2.50   | 7.00                  | 150 | 300.00                |
| Mn                           | 5.00   | 10.00                 | 150 | 300.00 <sup>[7]</sup> |
| Mo                           | 0.05   | 0.15                  | 150 | 300.00                |
| Cu                           | 0.50   | 1.00                  | 3   | 5.64 <sup>[8]</sup>   |
| Zn                           | 0.25   | 0.50                  | 13  | 27.00 <sup>[9]</sup>  |
| B                            | 0.25   | 0.50                  | 10  | 20.00 <sup>[10]</sup> |

注: 浓度一为缺乏临界值, 浓度四为毒害临界值, 不含矿质元素的培养基作为空白对照, 用 MES 将培养基 pH 值调节为 6.0。

1.2.2 测定方法 选取烟草疫霉菌长势均匀的 1 个平板, 用灭过菌的直径为 5 mm 的打孔器在超净工作台上打取菌落外围生长量相同的烟草疫霉菌圆片。用灭过菌的接种针, 将圆片分别移取到含有不同矿质元素的 PDA 培养基上, 倒扣于各个平板中央, 再将接种后的平板置于恒温培养箱中, 28 ℃ 培养 48 h 后, 每 24 h 利用十字交叉法垂直测量菌落直径大小。每处理重复 3 次。

### 1.3 数据分析

采用 Excel 软件处理数据, 采用 SPASS 17.0 软件进行差异显著性分析。

收稿日期: 2013-10-17

基金项目: 四川省烟草专卖局资助项目 (编号: 200901009)。

作者简介: 李娜 (1988—), 女, 云南昆明人, 硕士研究生, 主要从事分子植物病理学研究。Tel: (023) 68250517; E-mail: lina6550@163.com。

通信作者: 杨水英, 副教授, 主要从事分子植物病理学、植物病害诊断与控制研究。Tel: (023) 68251269; E-mail: yangshuiying123@sina.com.cn。

2 结果与分析

2.1 不同浓度的 NH<sub>4</sub><sup>+</sup> 对烟草疫霉菌菌丝生长的影响

由表 2 可知,生长第 3 天,与对照相比,0.5、1.0 mg/L NH<sub>4</sub><sup>+</sup> 对疫霉菌菌丝生长有极显著的促进作用;生长第 4 天、第 5 天、第 6 天,与对照相比,0.5、1.0 mg/L NH<sub>4</sub><sup>+</sup> 对疫霉菌菌丝生长有极显著的促进作用,100.0、200.0 mg/L NH<sub>4</sub><sup>+</sup> 对疫霉菌菌丝有极显著的抑制作用。从生长速率来看,高浓度 NH<sub>4</sub><sup>+</sup> 极显著抑制疫霉菌菌丝的生长。

表 2 不同浓度 NH<sub>4</sub><sup>+</sup> 对烟草疫霉菌菌丝生长的影响

| NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> 浓度<br>(mg/L) | 菌落直径(cm) |        |        |         |        | 生长速率<br>(cm/d) |
|---|----------|--------|--------|---------|--------|----------------|
|   | 第 2 天    | 第 3 天  | 第 4 天  | 第 5 天   | 第 6 天  |                |
| 0 (CK)                                    | 1.70cC   | 2.83bB | 4.30bB | 5.23cB  | 6.20bB | 1.13bA         |
| 0.5                                       | 2.27aA   | 3.50aA | 4.73aA | 5.97aA  | 7.00aA | 1.19abA        |
| 1.0                                       | 2.10bAB  | 3.50aA | 4.57aA | 5.73bA  | 7.03aA | 1.24aA         |
| 100.0                                     | 1.97bB   | 2.90bB | 3.63cC | 4.43deC | 5.47cC | 0.88cB         |
| 200.0                                     | 1.93bB   | 2.87bB | 3.60cC | 4.37dC  | 5.13cC | 0.80cB         |

注:表中同列数据后不同小写字母表示差异显著,不同大写字母表示差异极显著。下表同。

2.2 不同浓度 NO<sub>3</sub><sup>-</sup> 对烟草疫霉菌菌丝生长的影响

从表 3 可以看出,NO<sub>3</sub><sup>-</sup> 对疫霉菌菌丝的生长速率影响不显著。

表 3 不同浓度 NO<sub>3</sub><sup>-</sup> 对烟草疫霉菌菌丝生长的影响

| NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> 浓度<br>(mg/L) | 菌落直径(cm) |         |        |         |         | 生长速率<br>(cm/d) |
|---|----------|---------|--------|---------|---------|----------------|
|   | 第 2 天    | 第 3 天   | 第 4 天  | 第 5 天   | 第 6 天   |                |
| 0   | 1.70aA   | 2.83aA  | 4.30aA | 5.23aA  | 6.20abA | 1.13aA         |
| 0.5                                       | 1.70aA   | 2.57bA  | 4.30aA | 5.07abA | 5.97bA  | 1.07aA         |
| 1.0                                       | 1.80aA   | 2.77abA | 4.50aA | 5.23aA  | 6.27aA  | 1.12aA         |
| 50.0                                      | 1.73aA   | 2.73abA | 4.27aA | 5.03bA  | 6.10abA | 1.09aA         |
| 94.0                                      | 1.73aA   | 2.77abA | 4.37aA | 5.23aA  | 6.20abA | 1.12aA         |

2.3 不同浓度 P 对烟草疫霉菌菌丝生长的影响

由表 4 可知,生长第 3 天,100、200 mg/L P 对疫霉菌菌丝生长有极显著的抑制作用;生长第 4 天、第 5 天,10 mg/L P 对疫霉菌菌丝生长有极显著的促进作用,100、200 mg/L P 对疫霉菌菌丝生长有极显著的抑制作用。从生长速率来看,高浓度 P 极显著抑制疫霉菌菌丝生长。

表 4 不同浓度 P 对烟草疫霉菌菌丝生长的影响

| P 浓度<br>(mg/L) | 菌落直径(cm) |        |        |        |         | 生长速率<br>(cm/d) |
|----------------|----------|--------|--------|--------|---------|----------------|
|                | 第 2 天    | 第 3 天  | 第 4 天  | 第 5 天  | 第 6 天   |                |
| 0 (CK)         | 1.70bB   | 2.83bB | 4.30bB | 5.23bB | 6.20bAB | 1.13aA         |
| 5              | 1.57bB   | 2.73bB | 4.23bB | 5.13bB | 6.00cB  | 1.11aA         |
| 10             | 2.03aA   | 3.13aA | 4.77aA | 5.60aA | 6.40aA  | 1.09aA         |
| 100            | 1.67bB   | 2.47cC | 3.93cC | 4.63cC | 5.60dC  | 0.99cB         |
| 200            | 1.57bB   | 2.43cC | 3.93cC | 4.70cC | 5.67dC  | 1.03bB         |

2.4 不同浓度 K<sup>+</sup> 对烟草疫霉菌菌丝生长的影响

由表 5 可知,生长第 2 天,与对照相比,50、100 mg/L K<sup>+</sup> 对疫霉菌菌丝生长有极显著的促进作用;生长第 4 天,200 mg/L K<sup>+</sup> 对疫霉菌菌丝生长有极显著的抑制作用;生长第 6 天,150、200 mg/L K<sup>+</sup> 对疫霉菌菌丝生长有极显著的抑制作用。从生长速率来看,高浓度 K<sup>+</sup> 对疫霉菌菌丝生长有极显著的抑制作用。

表 5 不同浓度 K<sup>+</sup> 对烟草疫霉菌菌丝生长的影响

| K <sup>+</sup> 浓度<br>(mg/L) | 菌落直径(cm) |           |          |          |         | 生长速率<br>(cm/d) |
|-----------------------------|----------|-----------|----------|----------|---------|----------------|
|                             | 第 2 天    | 第 3 天     | 第 4 天    | 第 5 天    | 第 6 天   |                |
| 0 (CK)                      | 1.70bB   | 2.83bcABC | 4.30aAB  | 5.23aAB  | 6.20abB | 1.13aAB        |
| 50                          | 2.23aA   | 3.07bAB   | 3.90aABC | 4.77abAB | 6.03abB | 0.95abB        |
| 100                         | 2.20aA   | 3.60aA    | 4.60aA   | 5.97aA   | 7.10aA  | 1.23aA         |
| 150                         | 1.77bAB  | 2.40cdBC  | 3.10bBC  | 3.77bB   | 4.57bC  | 0.70bC         |
| 200                         | 1.67bB   | 2.20dC    | 2.83bC   | 3.53bB   | 4.33bC  | 0.67bC         |

2.5 不同浓度 Ca<sup>2+</sup> 对烟草疫霉菌菌丝生长的影响

从表 6 可以看出,高浓度 Ca<sup>2+</sup> 对疫霉菌菌丝生长有极显著的促进作用。

表 6 不同浓度 Ca<sup>2+</sup> 对烟草疫霉菌菌丝生长的影响

| Ca <sup>2+</sup> 浓度<br>(mg/L) | 菌落直径(cm) |        |         |        |        | 生长速率<br>(cm/d) |
|-------------------------------|----------|--------|---------|--------|--------|----------------|
|                               | 第 2 天    | 第 3 天  | 第 4 天   | 第 5 天  | 第 6 天  |                |
| 0 (CK)                        | 1.70cB   | 2.83cC | 4.30cC  | 5.23dC | 6.20cC | 1.13cC         |
| 200                           | 2.73bA   | 4.30bB | 5.53bB  | 6.87cB | 7.73bB | 1.25bB         |
| 400                           | 3.10aA   | 4.27bB | 5.70bAB | 6.80cB | 8.50aA | 1.35aA         |
| 800                           | 2.83abA  | 4.53aA | 5.93aA  | 7.50aA | 7.63bB | 1.20bBC        |
| 1 500                         | 3.10aA   | 4.50aA | 5.67bAB | 7.03bB | 8.50aA | 1.35aA         |

2.6 不同浓度 Mg<sup>2+</sup> 对烟草疫霉菌菌丝生长的影响

由表 7 可知,30 mg/L Mg<sup>2+</sup> 极显著促进疫霉菌菌丝生长,800 mg/L Mg<sup>2+</sup> 极显著抑制疫霉菌菌丝生长。

表 7 不同浓度 Mg<sup>2+</sup> 对烟草疫霉菌菌丝生长的影响

| Mg <sup>2+</sup> 浓度<br>(mg/L) | 菌落直径(cm) |          |        |         |         | 生长速率<br>(cm/d) |
|-------------------------------|----------|----------|--------|---------|---------|----------------|
|                               | 第 2 天    | 第 3 天    | 第 4 天  | 第 5 天   | 第 6 天   |                |
| 0 (CK)                        | 1.70aAB  | 2.83abAB | 4.30aA | 5.23abA | 6.20bBC | 1.13bB         |
| 30                            | 1.53bB   | 2.70bBC  | 4.33aA | 5.50aA  | 6.50aA  | 1.24aA         |
| 60                            | 1.77aA   | 2.97aA   | 4.30aA | 5.30abA | 6.40aAB | 1.16bB         |
| 450                           | 1.53bB   | 2.50cC   | 3.97bB | 5.00bA  | 6.00cC  | 1.12bB         |
| 800                           | 0.83cC   | 1.80dD   | 3.30cC | 3.53cB  | 4.37dD  | 0.89cC         |

2.7 不同浓度 Cu<sup>2+</sup> 对烟草疫霉菌菌丝生长的影响

由表 8 可知,Cu<sup>2+</sup> 对烟草疫霉菌菌丝的生长作用不显著。

表 8 不同浓度 Cu<sup>2+</sup> 对烟草疫霉菌菌丝生长的影响

| Cu <sup>2+</sup> 浓度<br>(mg/L) | 菌落直径(cm) |        |        |         |          | 生长速率<br>(cm/d) |
|-------------------------------|----------|--------|--------|---------|----------|----------------|
|                               | 第 2 天    | 第 3 天  | 第 4 天  | 第 5 天   | 第 6 天    |                |
| 0 (CK)                        | 1.73aA   | 2.83aA | 4.30aA | 5.23aAB | 6.20aA   | 1.13bA         |
| 0.50                          | 1.37cC   | 2.63bA | 4.27aA | 5.10aAB | 6.17aA   | 1.20aA         |
| 1.00                          | 1.60bAB  | 2.77aA | 4.40aA | 5.37aA  | 6.00abAB | 1.10bA         |
| 3.00                          | 1.47cBC  | 2.33cB | 4.13aA | 4.80bBC | 5.80bcB  | 1.09bA         |
| 5.64                          | 1.20dD   | 2.40cB | 4.17aA | 4.60bC  | 5.70cB   | 1.13bA         |

2.8 不同浓度 Fe<sup>3+</sup> 对烟草疫霉菌菌丝生长的影响

由表 9 可以看出,150 mg/L Fe<sup>3+</sup> 极显著促进疫霉菌菌丝生长,300 mg/L Fe<sup>3+</sup> 极显著抑制疫霉菌菌丝生长。

表 9 不同浓度 Fe<sup>3+</sup> 对烟草疫霉菌菌丝生长的影响

| Fe <sup>2+</sup> 浓度<br>(mg/L) | 菌落直径(cm) |        |        |        |        | 生长速率<br>(cm/d) |
|-------------------------------|----------|--------|--------|--------|--------|----------------|
|                               | 第 2 天    | 第 3 天  | 第 4 天  | 第 5 天  | 第 6 天  |                |
| 0 (CK)                        | 1.73cC   | 2.83cB | 4.30bB | 5.23bB | 6.20bB | 1.12bB         |
| 2.5                           | 1.87bcBC | 2.97bB | 3.90cC | 4.63cC | 5.53cC | 0.92cC         |
| 7.0                           | 2.00bAB  | 2.83cB | 3.83cC | 4.73cC | 5.57cC | 0.89cC         |
| 150.0                         | 2.20aA   | 3.53aA | 4.86aA | 6.23aA | 7.37aA | 1.29aA         |
| 300.0                         | 0.43dD   | 0.77dC | 1.00dD | 1.43dD | 1.80dD | 0.34dD         |

2.9 不同浓度  $Mn^{2+}$  对烟草疫霉菌菌丝生长的影响

由表 10 可知,生长第 2 天、第 3 天,与对照相比,5 mg/L  $Mn^{2+}$  对黑胫病菌菌丝生长有极显著的抑制作用;生长第 4 天、第 5 天、第 6 天,5 mg/L  $Mn^{2+}$  对黑胫病菌菌丝生长有极显著的抑制作用。从生长速率来看,5 mg/L  $Mn^{2+}$  极显著抑制烟草疫霉菌菌丝生长。

表 10 不同浓度  $Mn^{2+}$  对烟草疫霉菌菌丝生长的影响

| $Mn^{2+}$ 浓度<br>(mg/L) | 菌落直径(cm) |        |        |         |        | 生长速率<br>(cm/d) |
|------------------------|----------|--------|--------|---------|--------|----------------|
|                        | 第 2 天    | 第 3 天  | 第 4 天  | 第 5 天   | 第 6 天  |                |
| 0 (CK)                 | 1.73cC   | 2.83cC | 4.30bA | 5.23bB  | 6.20cB | 1.12aA         |
| 5                      | 1.50dD   | 1.90dD | 2.37cB | 2.80cC  | 3.37dC | 0.47cC         |
| 10                     | 2.27bB   | 3.37bB | 4.33bA | 5.23bB  | 6.43bB | 1.04bB         |
| 150                    | 2.53aA   | 3.70aA | 4.67aA | 5.67aA  | 6.77aA | 1.06bB         |
| 300                    | 2.37bAB  | 3.40bB | 4.33bA | 5.40bAB | 6.47bB | 1.03bB         |

2.10 不同浓度  $Zn^{2+}$  对烟草疫霉菌菌丝生长的影响

由表 11 可知,生长第 2 天、第 3 天、第 4 天,与对照相比,27 mg/L  $Zn^{2+}$  对疫霉菌菌丝生长有极显著的抑制作用;生长第 5 天、第 6 天,0.25、27 mg/L  $Zn^{2+}$  对疫霉菌菌丝有极显著的抑制作用。27 mg/L  $Zn^{2+}$  对疫霉菌菌丝生长速率抑制作用极显著。

表 11 不同浓度  $Zn^{2+}$  对烟草疫霉菌菌丝生长的影响

| $Zn^{2+}$ 浓度<br>(mg/L) | 菌落直径(cm) |        |        |          |        | 生长速率<br>(cm/d) |
|------------------------|----------|--------|--------|----------|--------|----------------|
|                        | 第 2 天    | 第 3 天  | 第 4 天  | 第 5 天    | 第 6 天  |                |
| 0 (CK)                 | 1.73abAB | 2.83bA | 4.30aA | 5.23abAB | 6.20aA | 1.12aA         |
| 0.25                   | 1.57bB   | 2.53dB | 4.40aA | 4.60cC   | 5.63cB | 1.02bB         |
| 0.50                   | 1.57bB   | 2.67cB | 4.13aA | 4.97bBC  | 6.00bA | 1.11aA         |
| 13.00                  | 1.87aA   | 2.93aA | 4.33aA | 5.50aA   | 6.23aA | 1.09aA         |
| 27.00                  | 1.17cC   | 2.10eC | 3.33bB | 4.03dD   | 4.97dC | 0.95cC         |

2.11 不同浓度 Mo 对烟草疫霉菌菌丝生长的影响

从表 12 可以看出,300 mg/L Mo 对烟草疫霉菌菌丝生长速率有极显著的抑制作用。

表 12 不同浓度 Mo 对烟草疫霉菌菌丝生长的影响

| Mo 浓度<br>(mg/L) | 菌落直径(cm) |        |         |        |        | 生长速率<br>(cm/d) |
|-----------------|----------|--------|---------|--------|--------|----------------|
|                 | 第 2 天    | 第 3 天  | 第 4 天   | 第 5 天  | 第 6 天  |                |
| 0 (CK)          | 1.70aA   | 2.83aA | 4.30aA  | 5.23aA | 6.20aA | 1.13aA         |
| 0.05            | 1.60aA   | 2.57bB | 4.07bAB | 4.87bB | 5.90bB | 1.08abAB       |
| 0.15            | 1.60aA   | 2.50bB | 4.07bAB | 4.87bB | 5.93bB | 1.09abAB       |
| 150.00          | 1.60aA   | 2.43bB | 4.00bB  | 4.77bB | 5.87bB | 1.07abAB       |
| 300.00          | 1.73aA   | 2.53bB | 3.93bB  | 4.83bB | 5.80bB | 1.02bB         |

2.12 不同浓度 B 对烟草疫霉菌菌丝生长的影响

从表 13 可以看出,不同浓度 B 对烟草疫霉菌菌丝生长速率影响不显著。

表 13 不同浓度 B 对烟草疫霉菌菌丝生长的影响

| B 浓度<br>(mg/L) | 菌落直径(cm) |         |        |         |          | 生长速率<br>(cm/d) |
|----------------|----------|---------|--------|---------|----------|----------------|
|                | 第 2 天    | 第 3 天   | 第 4 天  | 第 5 天   | 第 6 天    |                |
| 0 (CK)         | 1.70aA   | 2.83aA  | 4.30aA | 5.23aA  | 6.20aA   | 1.13aA         |
| 0.25           | 1.57aA   | 2.60bA  | 4.17aA | 5.07abA | 5.97bcAB | 1.10aA         |
| 0.50           | 1.73aA   | 2.73abA | 4.20aA | 5.07abA | 6.10abAB | 1.09aA         |
| 10.00          | 1.67aA   | 2.70abA | 4.20aA | 5.00bA  | 5.87cC   | 1.05aA         |
| 20.00          | 1.70aA   | 2.87aA  | 4.33aA | 5.07abA | 6.13abA  | 1.11aA         |

3 结论与讨论

从植物保护的角度来考虑,既要保证作物生长,又要考虑使作物获得最大抗性,可以说,具有最佳营养状态的植物具有最大的抗病力<sup>[11]</sup>,因此,本研究在浓度设置上考虑了植物中矿质营养元素的土壤缺乏值、土壤毒害值。高浓度的 N、K、P 都能极显著抑制烟草疫霉菌菌丝的生长。Nam 等研究发现,N、K 会加重植物病害程度,P、Ca 会减轻植物病害程度<sup>[12]</sup>。中量元素 Ca 对疫霉菌菌丝生长有极显著的促进作用,低浓度 Mg 极显著促进疫霉菌菌丝生长,高浓度 Mg 极显著抑制疫霉菌菌丝生长。Heyman 等研究表明,不同土壤中钙浓度与病害流行呈负相关<sup>[13]</sup>。本研究结果表明,Ca 对烟草疫霉菌的菌丝生长具有极显著的促进作用,这与前人的相关研究结果相同,但是 Ca 对疫霉菌孢子囊产生的影响还有待进一步研究。微量元素 B、Cu 对烟草疫霉菌菌丝生长作用不显著。高浓度 Fe 极显著抑制疫霉菌的生长。低浓度 Mn 极显著抑制烟草疫霉菌菌丝的生长。高浓度 Zn 对疫霉菌菌丝生长有极显著的抑制作用。高浓度的 Mo 对烟草疫霉菌生长有极显著的抑制作用。Qin 等认为,0.1% B 处理抑制扩展青霉孢子萌发及芽管伸长,这可能是由于 B 抑制了细胞内过氧化氢酶(CAT)、还原型谷胱甘肽(GSH)蛋白基因的表达<sup>[14]</sup>。黄芳等研究表明,0.1% B 处理可破坏灰霉病菌活性氧清除系统,造成活性氧大量积累,使得膜脂过氧化加强,最终影响细胞的正常生理功能<sup>[15]</sup>。土壤是一个非常复杂的生态系统,本试验只探讨了单一的营养元素在单一培养基上对烟草疫霉菌生长的影响,在实际土壤环境中,各种物质之间相互作用、相互影响。徐照丽等研究发现,利用 Cu、Fe 之间的相互作用来减轻过量 Cu 对烟草的毒害是一种切实可行的方法<sup>[16]</sup>。因此,应用营养元素之间的相互作用来减轻过量元素对作物的危害,既保证了植物的正常生长发育,又不会对环境造成二次污染,应用前景良好。

参考文献:

[1] 慕康国,赵秀琴,李健强,等. 矿质营养与植物病害关系研究进展[J]. 中国农业大学学报,2000,5(1):84-90.

[2] Sugimoto T, Watanabe K, Yoshida S, et al. Field application of calcium to reduce phytophthora stem rot of soybean, and calcium distribution in plants[J]. Plant Disease, 2010, 94(7):812-819.

[3] 王 晗,严占勇,张定贵,等. 一种土壤中烟草疫霉菌的快速分离鉴定及计数方法[J]. 中国农学通报,2012,28(9):163-168.

[4] 刘正日,胡日生,郭清泉. 烟草钾营养研究进展[J]. 作物研究,2004,18(2):109-114,118.

[5] 李松岭. 河南省烟叶含钾量低的原因及对策[J]. 河南农业科学,2000(10):6-8.

[6] 白由路,金继运,杨俐苹. 我国土壤有效镁含量及分布状况与含镁肥料的应用前景研究[J]. 土壤肥料,2004(2):3-5.

[7] 臧小平. 土壤锰毒与植物锰的毒害[J]. 土壤通报,1999,30(3):45-48.

[8] 叶云山. 铜对蔬菜的毒害效应及土壤铜临界值研究[D]. 福州:福建农林大学,2009.

[9] 陈玉真. 土壤锌对植物的毒害效应及临界值研究[D]. 福州:福建农林大学,2011.

杨 青. 一种基于图像分析的玉米病虫害智能化识别方法[J]. 江苏农业科学, 2014, 42(7): 128-130.

# 一种基于图像分析的玉米病虫害智能化识别方法

杨 青

(上海城市管理职业技术学院, 上海 200438)

**摘要:** 农业病虫害智能化探测是现代农业发展的必然趋势, 也是基本要求之一。以玉米病虫害为研究对象, 借助计算机图像分析技术, 提出了一种玉米病虫害智能化识别方法。首先对降质的玉米病虫害图像实现单层小波分解, 以实现图像信号的多尺度分解, 获得低频分解系数和低频分解系数。由于低频分解系数包含绝大多数图像低频信号, 降质程度可忽略不计, 设计了一种具有调节因子的自适应增强函数模型, 通过设定固定阈值, 对高于该阈值的系数进行只适应增强, 反之则进行抑制。然后对上述各高频系数进行第二层小波分解, 对获得的低频分解系数予以舍弃, 对于高频系数则通过设计一种随着分解层数的变化而自适应调整阈值的小波阈值函数模型来进行处理。最后分别进行 2 层小波系数重构。结果表明, 该方法对玉米病虫害图像的复原效果优于小波硬、软阈值函数模型, 能够根据复原后的图像进行病虫害的准确识别, 稍加改进可应用与农业智能化设备(如农业机器人)的内置程序中, 能实现对病虫害图像的实时化地获取、处理, 智能化地识别。

**关键词:** 玉米病虫害图像; 图像分析; 小波变换; 自适应增强; 小波阈值函数模型

**中图分类号:** S126 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2014)07-0128-03

农业现代化水平的不断提高, 对农业病虫害的智能化识别提出了更高的要求。近年来, 计算机图像分析技术深入发展, 诞生了一系列图像分析方法, 如小波变换<sup>[1-2]</sup>、数学形态学<sup>[3]</sup>、多重分形理论<sup>[4]</sup>等, 为该领域的研究提供了一条可供借鉴的途径。本研究将小波阈值法引入到农业病虫害识别中, 以玉米病虫害图像为例, 从图像分析的角度探究病虫害的准确识别方法。通过对复原图像的分析, 可准确判定害虫的体态、类型, 为将来制定灭虫方案提供依据。

## 1 一种小波域改进阈值函数模型

### 1.1 图像小波变换过程分析

一幅图像可以看成是一个二维矩阵, 假设该矩阵大小为  $m \times n (m, n \in \mathbb{Z}^+)$ 。小波变换通过采用低通滤波器  $L$  (LPF) 和高通滤波器  $H$  (HPF) 对影像信号进行滤波, 在此基础上进行下二采样, 实现对影像的小波分解。图像小波分解子图像高频成分用  $H$  表示, 低频成分用  $L$  表示。图像经过小波分解之后, 得到 4 个不同方向、不同分辨率的小波系数, 即  $LL^1$  为第一层低频系数;  $HL^1$  表示第一层垂直高频系数;  $LH^1$  表示第

一层水平高频系数;  $HH^1$  表示第一层高频对角方向系数。对  $LL^1$  进行二层小波分解, 可得到  $LL^2$ 、 $HL^2$ 、 $LH^2$ 、 $HH^2$ , 继续进行 3 层分解可类似地得到  $LL^3$ 、 $HL^3$ 、 $LH^3$ 、 $HH^3$ 。对于  $LL^3$  仍可进行理论上无限制的小波分解。图像 3 层小波分解过程如图 1 所示。

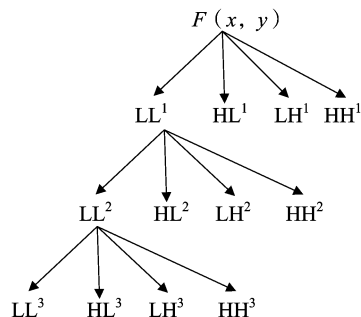


图1 图像小波分解过程

图像经过小波变换后呈现 2 类特性: (1) 图像信息的高度集中性。图像信息集中分布在小波变换后获得的各个系数中, 并且呈现水平、垂直、对角线等方向集中分布。(2) 图像信息分布不均衡性。图像经过小波变换后, 绝大部分信息集中于低频系数, 而少数高频信息(如边缘点、地物轮廓信息)则存在于高频系数中。特别是对于噪声图像而言, 经小波变

收稿日期: 2013-09-25

作者简介: 杨 青(1983—), 女, 上海人, 讲师, 从事园林和高职教学研究。E-mail: greensheep9@163.com。

[10] 刘术新, 郑海峰, 丁枫华, 等. 18 种蔬菜品种对硼毒害敏感性的研究[J]. 农业环境科学学报, 2009, 28(10): 2017-2022.

[11] 管致和. 植物医学导论[M]. 北京: 中国农业大学出版社, 1996: 58-66.

[12] Nam M H, Jeong S K, Lee Y S, et al. Effects of nitrogen, phosphorus, potassium and calcium nutrition on strawberry anthracnose[J]. Plant Pathology, 2006, 55(2): 246-249.

[13] Heyman F, Lindahl B, Persson L, et al. Calcium concentrations of soil affect suppressiveness against *Aphanomyces* root rot of pea[J].

Soil Biology and Biochemistry, 2007, 39(9): 2222-2229.

[14] Qin G, Tian S, Chan Z, et al. Crucial role of antioxidant proteins and hydrolytic enzymes in pathogenicity of *Penicillium expansum*; analysis based on proteomics approach[J]. Molecular & Cellular Proteomics, 2007, 6(3): 425-438.

[15] 黄 芳, 王建明, 徐玉梅. 硼抑制灰霉病菌孢子萌发机制的初步研究[J]. 植物病理学报, 2008, 38(4): 370-376.

[16] 徐照丽, 张晓海. 利用铁、铜间相互作用减轻烤烟铜毒害的研究[J]. 中国烟草科学, 2006, 27(2): 37-40.