

技术与应用

Technology & Application

新状态植物生长促进液对棉花枯萎病的防治作用

李云卿^{1,2}, 冯自力², 魏 锋², 周京龙², 冯鸿杰², 袁 媛²,
李志芳², 师勇强², 赵丽红², 郭庆元^{1*}, 朱荷琴^{2*}

(1. 新疆农业大学农学院, 乌鲁木齐 830052; 2. 棉花生物学国家重点实验室,
中国农业科学院棉花研究所, 安阳 455000)

摘要 2015—2016年于室内采用菌丝生长速率法、凹玻片法等方法测定新状态对棉花枯萎病菌的抑制作用;并于河南安阳枯萎病人工病圃和温室研究了新状态对棉花枯萎病的防治效果。结果表明:新状态能显著抑制棉花枯萎病菌菌丝生长和分生孢子萌发,当新状态浓度为10.0%时,抑制率分别为100.0%和93.1%;4.0%~8.0%的新状态能显著抑制枯萎病菌产孢量。0.25%和0.5%的新状态浸种能显著增加棉花的株高和芽长。在棉花枯萎病人工病圃,叶面喷施10.0%的新状态稀释液5次对棉花枯萎病的防治效果最好,达68.8%;在温室内,用1.75%的新状态灌根5次,防治效果达64.5%。本研究表明,在棉花枯萎病发生前用新状态喷施或灌根对棉花枯萎病具有较好的防治效果。

关键词 新状态; 棉花枯萎病; 防治效果; 抑菌效果

中图分类号: S 435.621 文献标识码: B DOI: 10.3969/j.issn.0529-1542.2017.06.033

Xinzhuangtai as a plant growth promoting fluid against cotton *Fusarium wilt in *Gossypium hirsutum**

Li Yunqing^{1,2}, Feng Zili², Wei Feng², Zhou Jinglong², Feng Hongjie², Yuan Yuan²,
Li Zhifang², Shi Yongqiang², Zhao Lihong², Guo Qingyuan¹, Zhu Heqin²

(1. College of Agronomy, Xinjiang Agricultural University, Urumqi 830052, China; 2. State Key Laboratory of Cotton Biology, Institute of Cotton Research of Chinese Academy of Agricultural Sciences, Anyang 455000, China)

Abstract During 2015—2016, inhibition activities of a commercial product Xinzhuangtai to *Fusarium oxysporum* f. sp. *vasinfectum* were tested using mycelium growth rate and concave slide methods. Control efficacy of Xinzhuangtai on cotton *Fusarium wilt* were also investigated in the greenhouse and the artificial disease nursery, located in Anyang, Henan Province. The results showed that 10.0% Xinzhuangtai dilution could significantly inhibit the spore germination and mycelia growth, with the inhibition rates of 100.0% and 93.1%, respectively. Compared with untreated control, Xinzhuangtai dilution at the concentration ranged from 4.00% to 8.00% had significant effect on spore production. Seed-soaking with 0.25% or 0.5% Xinzhuangtai dilution could significantly promote plant height and shoot length of cotton seedling. Foliage spraying with 10.0% Xinzhuangtai dilution for 5 times in the artificial disease nursery could significantly reduce the disease index, with the control efficacy of 68.8%. Root drenching with 1.75% Xinzhuangtai dilution for 5 times in the greenhouse could significantly reduce the disease index, with the control efficacy of 64.5%. These results suggest that foliage spraying or root drenching with Xinzhuangtai can control *Fusarium wilt*.

Key words Xinzhuangtai; *Fusarium wilt*; control efficacy; inhibitive activity

棉花枯萎病是由尖孢镰刀菌萎蔫专化型 *Fusarium oxysporum* f. sp. *vasinfectum* 引起的土传维

收稿日期: 2017-02-08

修订日期: 2017-05-17

基金项目: 国家公益性行业(农业)科研专项(201503109);中央级公益性科研院所基本科研业务费专项(1610162016012)

* 通信作者 E-mail: heqinanyang@sohu.com; guoqingyuan3009@sina.com

管束病害,严重影响棉花的产量和纤维品质,甚至可以造成绝产^[1]。棉花枯萎病菌可以在棉花整个生育期造成危害,引起的主要症状有黄化、黄色网纹、青枯和皱缩等^[2]。除了选育抗、耐病棉花品种^[3],棉花枯萎病的防治目前主要以药剂防治为主,但药剂的长期大量使用会导致土壤微生物群落结构单一^[4]、病菌产生抗药性、环境污染等^[5-7],同时,对人类的健康构成极大的威胁^[8]。利用生物有机肥不仅可以提高作物产量^[9],防治病虫害,增加土壤肥力,改善土壤酶活^[10],增加土壤微生物数量及种类^[9-11],补充多种微量元素^[12-13]等,同时具有绿色、环保等优势,在植物病害防治领域具有广阔的发展前景。

沼液含有氮、磷、钾、氨基酸、蛋白质、钙、硼、硒、锌、维生素、生长素、赤霉素、糖类、核酸、丁酸、乙酸、维生素 B₁₂^[12-13]等多种利于植物生长的营养成分,具有促进作物生长及改善果蔬品质的功效^[11,14]。目前,鸡粪沼液在农业生产中主要作为叶面肥、冲施肥和滴灌肥,用于提高作物产量、改善作物品质,增强作物抗逆性等。新状态是山东民和牧业股份有限公司生产的一种以鸡粪沼液为主的有机肥。该产品能明显提高作物产量和改善品质,在蔬菜、棉花等作物上已大面积推广应用,但对棉花枯萎病的防治还未见相关研究。本研究以新状态为研究对象,于枯萎病人工病圃和温室,通过叶面喷施和灌根两种处理方式,明确其对枯萎病的防治效果及其使用方法,并进一步研究其作用机理,为新状态应用于棉花枯萎病防治提供技术支撑和理论依据。

1 材料与方 法

1.1 材 料

1.1.1 供试棉花品种及菌株

供试棉花品种为‘冀棉 11’,属于感枯萎病品种;棉花枯萎病菌 *Fusarium oxysporum* f. sp. *vas-infectum* 菌株由中国农业科学院棉花研究所提供。

1.1.2 供试试剂

新状态植物生长促进液,市售,由山东民和牧业股份有限公司生产,其主要成分为鸡粪沼液。

1.2 试验方法

1.2.1 新状态对尖孢镰刀菌菌丝生长的影响

将新状态按照一定比例加入到 PDA 培养基

中,充分混匀。新状态的终浓度分别为 0.25%、0.50%、1.00%、2.00%、3.00%、4.00%、5.00%、6.00%、7.00%和 10.00%。用 5 mm 打孔器在活化 3 d 的棉花枯萎病菌菌落边缘打取菌饼,接种于含不同浓度新状态的 PDA 平板中央,每个处理 4 个重复。接种后,将平板置于 25℃ 培养箱中恒温培养,3 d 后采用十字交叉法测量菌落直径,计算各处理的抑制率。

抑制率(%)=(1-处理菌落半径/对照菌落半径)×100。

1.2.2 新状态对尖孢镰刀菌产孢量的影响

将棉花枯萎病菌新鲜菌饼接种于 Czapek 液体培养基中,150 r/min 振荡培养 7 d。将培养液用两层灭菌的纱布在超净工作台中过滤获得棉花枯萎病菌分生孢子悬浮液,备用。

将新状态按照一定比例加入到 Czapek 液体培养基中,定容至 25 mL,充分混匀,使新状态的终浓度为 1.00%、2.00%、4.00%、8.00%,然后分别加入 100 μL 的棉花枯萎病菌分生孢子悬浮液,25℃ 振荡培养,4 d 后用血球计数板计数,计算孢子浓度,每个处理重复 3 次。

1.2.3 新状态对尖孢镰刀菌分生孢子萌发的影响

将棉花枯萎病菌分生孢子悬浮液用灭菌的纱布三重过滤,稀释为 1×10⁶ cfu/mL。将新状态按照一定比例加入到 Czapek 液体培养基中定容至 1.3 mL,混匀,再加入 200 μL 浓度为 1×10⁶ cfu/mL 的孢子悬浮液充分混匀,配制成新状态浓度为 0.25%、0.50%、1.00%、2.00%、4.00%、6.00%、8.00%和 10.00% 的 Czapek 液体培养基,每个浓度重复 3 次。吸取 20 μL 的不同浓度的 Czapek 液体培养基于凹玻片凹槽中,将凹玻片 25℃ 恒温保湿培养,3 h 后镜检孢子萌发情况,每个重复 5 个视野,计算孢子萌发率,以 Czapek 液体培养基处理作为对照,计算萌发抑制率。

1.2.4 新状态对种子萌发及生长指标的影响

脱绒的‘冀棉 11’种子消毒处理后,分别用浓度为 0.25%、0.50%、1.00% 的新状态浸种 8 h,再将种子均匀排列在垫有两层滤纸的培养皿内,每个重复 30 粒,每个处理重复 4 次,置 25℃ 恒温培养箱中,保湿培养,3 d 后统计发芽率、芽长,并种于灭菌的蛭石中,生长 15 d 后,分别测定其株高、根长和鲜重^[18]。

1.2.5 叶面喷施新状态对棉花枯萎病的影响

4 月中旬,将‘冀棉 11’播种在棉花枯萎病人工病圃内。人工病圃行长 3 m,行宽 0.5 m,每行留苗 25~30 株。棉苗子叶展开后,分别用浓度为 0.25%、0.50%、1.00%、2.00%、4.00%、10.00% 的新状态稀释液进行叶面喷施,30 mL/行,每 3 天 1 次,共 5 次。每处理 3 行,重复 3 次,清水喷施为对照处理。

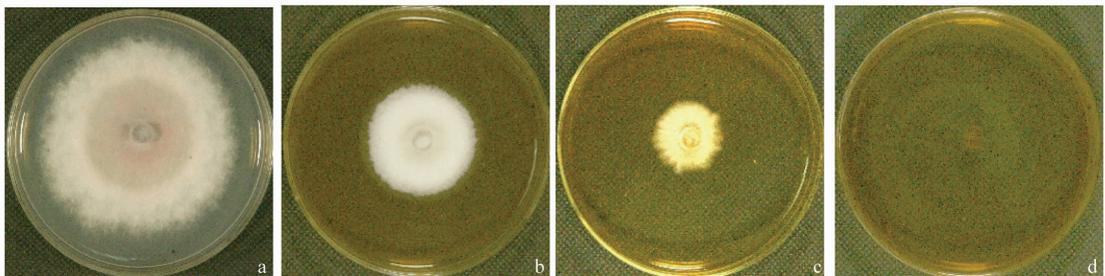
1.2.6 新状态灌根对棉花枯萎病的影响

采用基质接种法。将棉花枯萎病菌的玉米沙粒培养物以 0.6% 的质量比拌入无菌的生沙壤土中充分混合均匀,分装到直径 6 cm、高 10 cm 的无底纸钵中;用 50~60℃ 热水浸泡‘冀棉 11’种子 12 h,每钵 10 粒均匀播种,覆盖灭菌沙土约 2~3 cm 厚^[15]。分别于播种后 0、3、6、9、12 d,用浓度为 0.25%、0.75%、1.25%、1.50%、1.75% 的新状态对棉花进行灌根处理,16 mL/钵,每 6 个钵为 1 个处理,每处理重复 4 次,每钵留苗 5~6 株,清水灌溉为对照。

将接种后的棉苗置于同一日光温室中,随机摆放,环境温度控制在 22~28℃,土壤相对湿度控制在 60% 以上,光照良好。根据实际发病情况,播种 21 d 左右进行病情分级调查。按 5 级分级标准^[16-17]进行病情分级,计算病情指数和防治效果。

病情指数 = $[\sum(\text{各级病株数} \times \text{相应病级}) / (\text{调查总株数} \times 4)] \times 100$;

防治效果(%) = $(\text{对照病情指数} - \text{处理病情指数}) / \text{对照病情指数} \times 100$ 。



a: 对照; b-d: 新状态浓度分别为 1.00%、4.00%、10.00%
a: CK; b-d: The concentrations of Xinzhuanantai are 1.00%, 4.00% and 10.00%, respectively

图 1 不同浓度的新状态对枯萎病菌菌丝生长的影响

Fig. 1 Effect of Xinzhuanantai at different doses on mycelia growth of *Fusarium oxysporum*

2.2 新状态对尖孢镰刀菌产孢的抑制作用

将棉花枯萎病菌分生孢子液在 25℃ 恒温摇床上暗培养 96 h。结果表明:当新状态浓度为 1.00%、2.00% 时,产孢量分别为 15.4×10^7 cfu/mL 和 12.7×10^7 cfu/mL,与对照相比对产孢具有促进作用;当

2 结果与分析

2.1 新状态对尖孢镰刀菌菌丝生长的抑制作用

通过菌丝生长速率法^[19],对新状态的抑菌效果进行测定。结果表明,当新状态浓度高于 0.25% 时,对枯萎病菌菌丝生长具有显著的抑制效果,抑制率为 11.4%~100.0% (表 1,图 1)。抑制率与浓度呈正相关,最高抑制率为 100.0%。

表 1 新状态对棉花枯萎病菌菌丝生长的抑制作用¹⁾

Table 1 Inhibition effect of Xinzhuanantai on colony diameters of *Fusarium oxysporum*

浓度/% Concentration	菌落直径/cm Colony diameter	抑制率/% Inhibition rate
0.25	(3.6±0.0)ab	(5.5±0.7)h
0.50	(3.4±0.0)bc	(11.4±1.1)gh
1.00	(3.3±0.1)cd	(15.2±2.6)fg
2.00	(3.2±0.1)cd	(16.3±2.9)fg
3.00	(3.0±0.1)de	(20.9±1.7)ef
4.00	(2.9±0.0)e	(25.4±0.8)e
5.00	(2.5±0.1)f	(35.5±1.2)d
6.00	(1.3±0.0)g	(66.8±1.0)c
7.00	(0.7±0.0)h	(83.0±0.0)b
10.00	(0.0±0.0)i	(100.0±0.0)a
CK	(3.8±0.0)a	—

1) 表中数据为三次重复平均值±标准误。同列不同的小写字母表示在 $P < 0.05$ 水平上差异显著。下表同。

Data in the table are mean±SE. Different lowercase letters in the same column indicate significant difference at 0.05 level. The same below.

浓度为 4.00%、8.00% 时,产孢量分别为 0.1×10^7 cfu/mL 和 0 cfu/mL,对产孢具有抑制作用(表 2)。说明低浓度的新状态对棉花枯萎病菌产孢具有显著的促进作用,高浓度新状态对产孢具有显著的抑制作用。

表 2 新状态对棉花枯萎病菌产孢量的影响
Table 2 Effect of Xinzhuangtai on spore yield of *Fusarium oxysporum*

浓度/% Concentration	产孢量/ $\times 10^7$ cfu \cdot mL ⁻¹ Spore yield
1.00	(15.4 \pm 1.8)a
2.00	(12.7 \pm 2.2)a
4.00	(0.1 \pm 0.1)b
8.00	(0.0 \pm 0.0)b
CK	(4.7 \pm 0.2)b

2.3 新状态对尖孢镰刀菌分生孢子萌发的抑制作用

凹玻片法测定分生孢子萌发率,结果表明:用浓度为 0.25%~10.00%的新状态处理尖孢镰刀菌分生孢子 3 h 后,孢子萌发率为 6.7%~68.0%,均显著低于对照。孢子萌发率随着新状态浓度升高呈下降趋势(表 3),当新状态浓度为 10.00%时,抑制率为 93.1%。

2.4 新状态浸种对棉花种子萌发及生物量的促进作用

用 3 个浓度梯度的新状态浸种后,种子发芽率和

根长与对照差异不显著;0.25%和 0.50%新状态处理与对照相比株高和芽长显著增加;0.50%和 1.00%新状态处理与对照相比鲜重显著增加(表 4)。结果表明,一定浓度的新状态浸种对发芽率无显著影响,对棉花部分生长指标的增加具有显著的促进作用。

表 3 新状态对棉花枯萎病菌分生孢子萌发的抑制作用
Table 3 Inhibitory effect of Xinzhuangtai on spore germination of *Fusarium oxysporum*

浓度/% Concentration	孢子萌发率/% Spore germination	抑制率/% Inhibition rate
0.25	(68.0 \pm 2.0)b	(29.2 \pm 2.1)c
0.50	(62.7 \pm 1.8)b	(34.7 \pm 1.8)c
1.00	(62.7 \pm 0.7)b	(34.7 \pm 0.7)c
2.00	(38.7 \pm 4.8)c	(59.7 \pm 5.1)b
4.00	(33.3 \pm 1.8)c	(65.3 \pm 1.8)b
6.00	(16.0 \pm 0.0)d	(83.3 \pm 0.0)a
8.00	(7.3 \pm 3.5)d	(92.4 \pm 3.7)a
10.00	(6.7 \pm 1.3)d	(93.1 \pm 1.4)a
CK	(96.0 \pm 1.2)a	—

表 4 新状态对棉花种子发芽率和生长指标的影响

Table 4 Effect of Xinzhuangtai on seeding germination rate and growth parameters of cotton

浓度/% Concentration	发芽率/% Germination rate	株高/cm Plant height	根长/cm Root length	鲜重/g Fresh weight	芽长/cm Shoot length
0.25	(97.8 \pm 2.2)a	(118.6 \pm 1.6)a	(13.2 \pm 0.7)a	(0.8 \pm 0.1)bc	(2.8 \pm 0.1)a
0.50	(95.6 \pm 1.1)a	(125.1 \pm 1.9)a	(14.5 \pm 1.3)a	(1.0 \pm 0.1)a	(2.6 \pm 0.1)a
1.00	(94.4 \pm 2.2)a	(107.6 \pm 3.6)b	(14.0 \pm 1.1)a	(0.9 \pm 0.1)ab	(2.2 \pm 0.1)b
CK	(96.7 \pm 1.4)a	(102.9 \pm 1.9)b	(13.0 \pm 0.2)a	(0.7 \pm 0.1)c	(2.3 \pm 0.1)b

2.5 新状态叶面喷施对棉花枯萎病的防治效果

用 0.25%~10.00%新状态稀释液对棉花叶片进行 5 次喷施处理,棉花枯萎病病情指数均显著低于对照,且防效与浓度呈正相关(表 5)。

表 5 新状态叶面喷施对棉花枯萎病的防治效果

Table 5 Control efficacy of Xinzhuangtai on cotton *Fusarium wilt* by foliage spray

浓度/% Concentration	病情指数 Disease index	防效/% Control efficacy
0.25	(30.6 \pm 0.3)b	(38.5 \pm 0.5)d
0.50	(27.0 \pm 1.2)bc	(45.8 \pm 2.4)cd
1.00	(27.7 \pm 1.4)bc	(44.3 \pm 2.7)cd
2.00	(24.3 \pm 1.7)cd	(51.1 \pm 3.3)bc
4.00	(20.6 \pm 0.8)d	(58.7 \pm 1.7)b
10.00	(15.5 \pm 1.4)e	(68.8 \pm 2.8)a
对照 CK	(49.7 \pm 0.8)a	—

2.6 新状态灌根对棉花枯萎病的防治效果

用不同浓度的新状态对棉花进行 5 次灌根处理,棉花枯萎病的病情指数均显著低于对照(表 6,图 2),且防效与浓度呈正相关。

表 6 新状态灌根对棉花枯萎病的防治效果

Table 6 Control efficacy of Xinzhuangtai on cotton *Fusarium wilt* by root drenching

浓度/% Concentration	病情指数 Disease index	防效/% Control efficacy
0.25	(47.1 \pm 0.5)b	(22.3 \pm 0.9)c
0.75	(41.5 \pm 2.6)b	(31.5 \pm 4.3)c
1.25	(38.4 \pm 1.0)bc	(36.6 \pm 1.7)bc
1.50	(27.6 \pm 4.1)cd	(54.6 \pm 6.8)ab
1.75	(21.6 \pm 1.5)d	(64.5 \pm 2.5)a
对照 CK	(60.6 \pm 1.9)a	—



a: 对照, 接种 *Fusarium oxysporum* 后用清水处理; b: 对照, 接种 *F. oxysporum* 后用 1.25% 新状态灌根; c: 对照, 接种 *F. oxysporum* 后用 1.75% 新状态灌根

a: Control, plants inoculated with *F. oxysporum* and then treated with water; b: Control, plants inoculated with *F. oxysporum* and then treated with 1.25% Xinzhuangtai by root drenching; c: Control, plants inoculated with *F. oxysporum* and then treated with 1.75% Xinzhuangtai by root drenching

图 2 新状态灌根对棉花枯萎病的影响

Fig. 2 Effect of Xinzhuangtai against cotton *Fusarium* wilt by root drenching

3 结论与讨论

随着对畜禽类需求的增加,我国已经进入了规模化、集约化养殖阶段,畜禽粪便数量的大量增加导致部分地区出现不同程度的污染问题。新状态是鸡粪经过中温厌氧发酵而成,不仅实现了废物再利用,同时价格低廉、绿色环保,符合可持续农业发展需求。本研究在病原基数较大的病圃和温室内进行,结果表明施用新状态 5 次即可对棉花枯萎病具有显著的防治效果。在病原基数较低的普通棉田中,可根据实际发病情况适量施用,建议喷施(1.00%~2.00%的稀释液)或滴灌(1.25%~1.50%的稀释液)3~4 次。

枯萎病为典型的土传病害,以孢子为主要初侵染源,因此其治理策略主要以抑制孢子萌发为主,同时提高菌丝生长抑制率及增强作物抗性。研究表明,一定浓度的新状态可以显著抑制菌丝生长和孢子萌发、减少产孢量;用一定浓度的新状态浸种对种子发芽率无显著影响,对棉花的株高、芽长和鲜重有一定的促进作用。在新疆棉田连续使用新状态滴灌,可能会减少土壤中孢子及菌丝含量,降低病原基数,达到可持续控制棉花枯萎病的目的。

新状态叶面喷施或灌根对棉花枯萎病均有显著的防治效果。该结果与 Markakis 等关于堆肥可以抑制黄瓜枯萎病和茄子黄萎病^[20]及 Pane 等关于废弃物堆肥可以抑制土传病害丝核菌^[21]的研究结果相似。

矿质元素在植物生长、光合作用等方面扮演着重要角色^[22]。研究表明,矿质元素在病害发展过程中通过调节植物生理生化、形态学、解剖学等方面来

增强植物对病原菌的忍耐能力和抗性,或通过影响病原菌的新陈代谢抑制病原菌侵染。例如:硝酸盐可以通过调节柠檬酸途径增强黄瓜对枯萎病的抗性^[23];通过调节水杨酸或一氧化氮含量增强烟草对丁香假单胞杆菌的抗性^[24]。新状态是鸡粪通过中温厌氧发酵而获得的发酵液,其主要成分为: N 1~2 g/L, P₂O₅ 5~10 g/L, K₂O 20~40 g/L, 有机质 20~50 g/L, 腐殖酸 5~10 g/L, 微量元素 Fe 3~6 g/L, pH 8.0, 另外还有少量的挥发性物质如 NH₃、H₂S、酚类等。进一步研究表明,新状态的抑菌效果与其密封程度有关,因此,推测挥发性气体是新状态防治棉花枯萎病的关键因素之一,对其主要抑菌成分、是否具有抑菌效果之外的其他防病机制等还有待进一步研究。

参考文献

- [1] Mcfadden H G, Wilson I W, Chapple R M, et al. *Fusarium* wilt (*Fusarium oxysporum* f. sp. *vasinfectum*) genes expressed during infection of cotton (*Gossypium hirsutum*) [J]. *Molecular Plant Pathology*, 2006, 7(2): 87-101.
- [2] 李志芳, 冯自力, 赵丽红, 等. 一种棉花枯萎病抗性鉴定的新方法[J]. *中国棉花*, 2013, 40(10): 15-18.
- [3] 王红梅. 中国棉花枯、黄萎病发生危害及抗病育种成效[J]. *中国农学通报*, 2015, 31(15): 124-130.
- [4] 孙淑清, 刘限, 姚远, 等. 秀去津和烟嘧磺隆对玉米田土壤微生物的影响[J]. *农药*, 2014(4): 276-279.
- [5] 段永兰, 侯金丽, 邢文会. 我国微生物农药的研究与展望[J]. *安徽农业科学*, 2010, 38(8): 4135-4138.
- [6] Lu Yonglong, Song Shuai, Wang Ruoshi, et al. Impacts of soil and water pollution on food safety and health risks in China [J]. *Environment International*, 2015, 77(1): 5-15.

于缓解抗性压力。其作用机理、发酵条件、剂型加工、应用技术田间防治效果等需要进一步的研究,为今后的产品开发和应用奠定基础。

参考文献

- [1] 高苇,李宝聚,石延霞,等.多主棒孢菌在黄瓜、番茄和茄子寄主上致病力的分化[J].园艺学报,2011,38(3):465-470.
- [2] 古松,高先爱,杨和平,等.黄石市设施蔬菜棒孢叶斑病的发生特点与防治技术[J].中国蔬菜,2016(3):80-81.
- [3] Smith L J, Datnoff L E, Pernezny K, et al. Phylogenetic and pathogenic characterization of *Corynespora cassiicola* isolates. [C]//International Symposium on Tomato Diseases, 2009; 8-12.
- [4] Hasama W, Morita S, Kato T. Control of *Corynespora* target leaf spot of cucumber by use of negatively-correlated cross resistance between benzimidazole fungicides and diethofencarb [J]. Annals of the Phytopathological Society of Japan, 1991, 57: 319-325.
- [5] Date H, Kataoka E, Tanina K, et al. Sensitivity of *Corynes-*
- (上接 191 页)
- [7] Lu Yonglong, Jenkins A, Ferrier R C, et al. Addressing China's grand challenge of achieving food security while ensuring environmental sustainability [J]. Science Advances, 2015, 1 (1): e1400039.
- [8] 俞发荣,李登楼.有机磷农药对人类健康的影响及农药残留检测方法研究进展[J].生态科学,2015,34(3):197-203.
- [9] 李丙智,王桂芳,秦晓飞,等.沼液配施钾肥对果园土壤理化特性和微生物及果实品质影响[J].中国农业科学,2010,43 (22):4671-4677.
- [10] 冯伟,管涛,王晓宇,等.沼液与化肥配施对冬小麦根际土壤微生物数量和酶活性的影响[J].应用生态学报,2011,22(4):1007-1012.
- [11] 于晓东.发酵原料对沼渣、沼液成分的影响及沼液在番茄栽培中的作用[D].泰安:山东农业大学,2016.
- [12] 吴慧斌,刘丁才,许剑锋.沼液中化学成分的研究[J].天然产物研究与开发,2015,27(1):18-21.
- [13] 宋成芳,单胜道,张妙仙,等.畜禽养殖废弃物沼液的浓缩及其成分[J].农业工程学报,2011,27(12):256-259.
- [14] 刘红梅,陈娟,魏杰,等.沼液对有机茶树生长发育及其生化成分的影响[J].茶叶科学技术,2014(1):18-20.
- [15] 朱荷琴,冯自力,李志芳,等.蛭石沙土无底纸钵定量蘸菌液法鉴定棉花品种(系)的抗黄萎病性[J].中国棉花,2010(12):15-17.
- [16] 郑铤爽,冯自力,朱荷琴,等.土壤接种棉花枯萎病菌的两种方法及适宜接种量[J].植物保护,2015,41(4):136-138.
- [17] 张芸,冯自力,冯鸿杰,等.内生球毛壳属真菌 CEF-082 对棉花

pora cassiicola, causal agent of *Corynespora* leaf spot of cucumber, to thiophanate-methyl, diethofencarb and azoxystrobin [J]. Japanese Journal of Phytopathology, 2004, 70(1): 10-13.

- [6] Ishii H, Yano K, Date H, et al. Molecular characterization and diagnosis of QoI resistance in cucumber and eggplant fungal pathogens [J]. Phytopathology, 2007, 97(11): 1458-66.
- [7] Miyamoto T, Ishii H, Seko T, et al. Occurrence of *Corynespora cassiicola* isolates resistant to boscalid on cucumber in Ibaraki Prefecture, Japan [J]. Plant Pathology, 2009, 58(6): 1144-1151.
- [8] 孙正祥,纪春艳,李云峰,等.香蕉枯萎病拮抗细菌的分离筛选与鉴定[J].中国生物防治,2008,24(2):143-147.
- [9] Oostendorp M, Sikora R A. Seed treatment with antagonistic rhizobacteria for the suppression of *Heterodera schachtii* early root infection of sugar beet [J]. Revue Némato, 1989, 12(1): 77-83.
- [10] Huang D Y, Shi Y X, Xie X W, et al. Sensitivity of *Corynespora cassiicola* to carbendazim and diethofencarb [J]. Journal of Pure and Applied Microbiology, 2013, 7(2): 891-898.

(责任编辑:杨明丽)

黄萎病的控制作用[J].植物病理学报,2016,46(5):697-706.

- [18] 韩琴.棉花抗黄萎病生防菌的筛选和鉴定及抗病机理研究[D].南京:南京农业大学,2014.
- [19] 陈臻,侯宝宏,王卫雄,等.黄腐酸处理对苹果树腐烂病菌的抑制作用及对苹果树防御酶活性的影响[J].植物保护,2016,42(3):81-86.
- [20] Markakis E A, Fountoulakis M S, Daskalakis G C, et al. The suppressive effect of compost amendments on *Fusarium oxysporum* f. sp. *radicis-cucumerinum* in cucumber and *Verticillium dahliae* in eggplant [J]. Crop Protection, 2016, 79: 70-79.
- [21] Pane C, Piccolo A, Spaccini R, et al. Agricultural waste-based composts exhibiting suppressivity to diseases caused by the phytopathogenic soil-borne fungi *Rhizoctonia solani* and *Sclerotinia minor* [J]. Applied Soil Ecology, 2013, 65: 43-51.
- [22] Datnoff L E, Elmer W H, Huber D M, et al. Mineral nutrition and plant disease [M]. St. Paul: American Phytopathological Society (APS Press), 2007.
- [23] Wang Min, Sun Yuming, Gu Zechen, et al. Nitrate protects cucumber plants against *Fusarium oxysporum* by regulating citrate exudation [J]. Plant & Cell Physiology, 2016, 57(9): 2001-2012.
- [24] Gupta K J, Brotman Y, Segu S, et al. The form of nitrogen nutrition affects resistance against *Pseudomonas syringae* pv. *phaseolicola* in tobacco [J]. Journal of Experimental Botany, 2012, 64(2): 553-568.

(责任编辑:杨明丽)