

网络出版时间:2012-07-18 11:27

网络出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/detail/61.1390.S.20120718.1127.035.html>

天名精内酯酮对小麦白粉病的药效及 病菌生长发育的影响

任双喜, 许 丹, 韩立荣, 冯俊涛, 张 兴

(西北农林科技大学 无公害农药研究服务中心/陕西省生物农药工程技术研究中心, 陕西 杨凌 712100)

【摘 要】 【目的】明确天名精内酯酮对小麦白粉病的药效及其对白粉病菌生长发育的影响。【方法】采用温室盆栽试验,测定天名精内酯酮对小麦白粉病的药效;采用离体叶段法,测定天名精内酯酮对小麦白粉病菌孢子萌发及其菌落扩展的影响;利用生物电镜技术,观察天名精内酯酮对小麦白粉病菌菌丝形态和超微结构的影响。【结果】当质量浓度为 1 000 mg/L 时,天名精内酯酮灌根和喷雾处理的保护效果与治疗效果分别为 80.43% 和 88.03% 与 82.69% 和 88.05%,且 2 种施药方式处理的防治效果与 150 mg/L 三唑酮处理差异不显著。天名精内酯酮对小麦白粉病菌孢子萌发无明显的抑制作用,但对菌落扩展存在明显的控制作用,并呈现明显的质量浓度依赖性,有效中浓度(EC_{50})为 105.431 4 mg/L。扫描电镜观察发现,经天名精内酯酮处理后,小麦白粉病菌菌丝和分生孢子形态均发生异常变化,表现为菌丝稀疏、表面皱缩和畸形。透射电镜观察发现,经天名精内酯酮处理后,细胞质发生紊乱;电子致密度明显增大,菌丝坏死;细胞内各种细胞器解体,液泡明显增大,且出现空腔;线粒体肿胀,脊变短,部分脊消失。【结论】天名精内酯酮对小麦白粉病有较高的防效,具有较优的内吸传导性能,兼具保护和治疗双重效果;天名精内酯酮对小麦白粉病的防治作用主要是抑制菌丝的生长;天名精内酯酮对小麦白粉病菌菌丝形态和超微结构的影响不同于常用杀菌剂品种。

【关键词】 天名精内酯酮;小麦白粉病菌;药效;超微结构

【中图分类号】 S435.121.4⁺6

【文献标识码】 A

【文章编号】 1671-9387(2012)08-0077-06

Effects of Carabrone on the development of *Blumeria graminis*

REN Shuang-xi, XU Dan, HAN Li-rong, FENG Jun-tao, ZHANG Xing

(Research and Development Center of Bionational Pesticide, Technology and Engineering Center of Biopesticide,
Northwest A&F University, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract: 【Objective】The research tested controlling effects of Carabrone against *Blumeria graminis*, influence of Carabrone on spore germination and mycelial growth of *B. graminis*, effects of Carabrone on morphology and ultrastructures of mycelial cell. 【Method】The control effects of Carabrone against *B. graminis* were examined by means of the pot culture experiment. The effects of Carabrone on spore germination and mycelial growth of *B. graminis* were examined by means of leave fragment method *in vitro*. The effects of Carabrone on morphology and ultrastructure of mycelial cell of *B. graminis* were investigated by means of electronic microscopy techniques. 【Result】Under the 1 000 mg/L concentration, the protective effect and the curative effect of Carabrone treating was 80.43% and 82.69% by irrigation, respectively; the protective effect and the curative effect of Carabrone treating was 88.03% and 88.05% by spraying, respectively. There was no significant inhibitory effect of Carabrone on spore germination, but it had obvious

* [收稿日期] 2012-01-04

[基金项目] 国家自然科学基金项目(30971934);国家“863”计划项目(2011AA10A202-1)

[作者简介] 任双喜(1952—),男,山东济阳人,在读硕士,主要从事生物农药及植物保护研究。

[通信作者] 冯俊涛(1967—),男,河南登封人,教授,博士,主要从事生物农药及植物保护研究。E-mail: jtfeng@126.com

inhibition on mycelial growth and showed a certain degree of concentration dependence. The scanning electronic microscope study revealed that Carabrone not only inhibited the hyphal growth, but also caused a series of the shape of hyphae and conidium. These changes were generally displayed as irregular swelling, malformed, and shrinkage of hyphae surface. Besides, the transmission electronic microscope study caused a series of marked structural alterations of hyphae, after treated with Carabrone, the swelled part of hyphae and vacuoles of mycelial cell mitochondrion were swollen, the electron dense bodies increased, the mitochondrion irregularly swelled, the swelled part of mycelium was malformed and configuration of mycelial cell was destroyed, etc. 【Conclusion】 Carabrone has certain control efficiency to *B. graminis*, including both protective effect and curative effect. Carbrone mainly inhibits the growth of mycelium. Compared with other fungicides, the changes of morphology and ultrastructures to mycelial cell induced by Carabrone is supposed to be unique.

Key words: Carabrone; *Blumeria graminis*; control effect; ultrastructure

白粉病是小麦生产中最重要病害之一,目前生产上用于防治小麦白粉病的药剂主要是甾醇生物合成抑制剂,而且 90% 以上是三唑类。近年来的研究表明,小麦白粉病菌对三唑类杀菌剂的敏感性下降,病菌的抗性有逐渐增强的趋势^[1]。因此,开展高效、新型防治剂的筛选、研制与应用研究,是当前小麦白粉病治理的重要内容。天名精内酯酮是从菊科天名精属植物大花金挖耳(*Carpesium macrocephalum* Franch. Et Sav)中分离得到的、具较强杀菌活性的倍半萜内酯类化合物,前期研究基本明确了其杀菌活性强度和杀菌谱,初步评价了该化合物的应用前景^[2-3]。

为进一步明确天名精内酯酮对小麦白粉病的控制效果,本试验采用盆栽试验法和小麦离体叶段法,结合电镜观察,较为系统地研究了天名精内酯酮对小麦白粉病的药效及病菌生长发育的影响,旨在为天名精内酯酮杀菌作用的进一步研发和应用提供依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

供试药剂:天名精内酯酮从大花金挖耳中分离得到(纯度为 96%),制备成 10% 天名精内酯酮微乳剂待用,由西北农林科技大学无公害农药研究服务中心提供;15% 三唑酮可湿性粉剂,四川国光农化有限公司生产。

供试病原菌:小麦白粉病菌(*Blumeria graminis* f. sp. *tritici*),由西北农林科技大学无公害农药研究服务中心提供。

供试植物寄主材料:小麦品种为“辉县红”,由西北农林科技大学小麦中心提供。

1.2 试验方法

1.2.1 天名精内酯酮防治小麦白粉病的盆栽试验

将无菌土装至总体积为 220 mL 纸杯的 3/5 处,播种小麦,播种后 18 d,待小麦长至二叶期时,进行试验。试验设天名精内酯酮 1 000 和 500 mg/L 2 个剂量处理,同时以清水和 150 mg/L 三唑酮可湿性粉剂作为对照。分别以手持喷雾器进行常量喷雾或灌根(每盆 10 mL)进行施药,采用孢子抖落法接菌,将处理后的小麦置于温室中培养。保护作用试验,对小麦苗先进行天名精内酯酮喷药或灌根处理,24 h 后接种小麦白粉病菌。治疗作用试验,对小麦先接种白粉病菌,24 h 后再进行天名精内酯酮喷药或灌根处理。每处理设 6 次重复,温室培养 7 d 后,用分级法调查各处理的发病情况,小麦白粉病的分级标准参考方中达^[4]的方法进行,并用下式计算病情指数和防治效果^[5]。

病情指数 = $(\sum(\text{各级病株数或叶数} \times \text{对应发病级数})) / (\text{调查总株数或叶数} \times \text{最高发病级数}) \times 100$;

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

1.2.2 天名精内酯酮对小麦白粉病菌孢子萌发及其菌落扩展的影响

采用离体叶段法测定天名精内酯酮对小麦白粉病菌孢子萌发及其菌落扩展的影响。保绿保湿培养基的制作:苯并咪唑(50 mg/L)作保绿剂,琼脂(5 g/L)作保湿剂和浮载剂。温室隔离培养小麦至二叶期时,剪取叶片中段(长 2.5 cm),分别用 31.25, 62.5, 125, 250, 500, 750 mg/L 的天名精内酯酮和清水(对照,CK)浸泡叶段 20 min 后,将叶片正面朝上摆放在保绿保湿培养基上。为使接菌均匀和消除误差,在同一培养皿内,同时摆放不同药剂处理的叶段,即每皿摆放 7 个叶段,设 10

个重复(10 皿),置于培养箱(温度 18 ℃,光照 14 h、黑暗 10 h 交替)中进行培养,24 h 后接种新鲜小麦白粉病菌孢子。分别于接种后 2,8,12 h 取样观察白粉病菌孢子的萌发情况。

培养 7 d 后,参考方中达^[4]的方法,分级调查各处理的发病情况,计算病情指数和室内药效,用机率值分析法求出毒力回归方程,对方程进行 χ^2 检验,并求出有效中浓度(EC_{50})及其 95% 置信限。

1.2.3 天名精内酯酮对小麦白粉病菌菌丝形态和超微结构的影响 无菌土育苗,待小麦长至二叶期时采用孢子抖动法接种后,放入人工光照培养箱(18 ℃,光照 14 h、黑暗 10 h 交替)中培养,24 h 后用 1 000 mg/L 天名精内酯酮进行常量喷雾处理,7 d 后取病健交界部位的一小块组织用于电镜样品的制备。以喷清水作为对照。扫描电镜和透射电镜样品的加工按康振生^[6]的方法进行。

1.3 数据处理

试验数据采用 DPS 分析软件^[7]处理。

表 1 天名精内酯酮对小麦白粉病的防治效果 (7 d)

Table 1 Control effects of Carabrone against *B. graminis* (7 d)

施药方式 Application mode	供试药剂 Tested compounds	质量浓度/ (mg · L ⁻¹) Concentration	保护作用 Protective effect		治疗作用 Curative effect	
			病情指数 Disease index	防治效果/% Control effect	病情指数 Disease index	防治效果/% Control effect
灌根 Irrigation	清水 Water	—	86.42	—	87.38	—
	天名精内酯酮 Carabrone	500	28.76	66.30 b	22.38	74.36 b
		1 000	17.05	80.43 a	15.46	82.69 a
	三唑酮 Triadimefon	150	18.85	78.17 a	14.24	83.33 a
喷雾 Spraying	清水 Water	—	88.20	—	85.12	—
	天名精内酯酮 Carabrone	500	22.84	74.13 b	13.51	84.16 b
		1 000	10.46	88.03 a	10.16	88.05 ab
	三唑酮 Triadimefon	150	10.14	88.51 a	8.47	90.06 a

注:表中数据为 6 次重复的平均值;同列数值后标不同小写字母者表示在 $P=0.05$ 水平上差异显著。
Note:The data of the table was the average of 6 groups;Data in a column with the different normal letters means significant difference at $P=0.05$ level.

2.2 天名精内酯酮对小麦白粉病菌孢子萌发及其菌落扩展的影响

采用离体叶段法测定了天名精内酯酮对小麦白粉病菌孢子萌发的影响,2 h 后进行观察发现,天名精内酯酮处理与对照孢子均未出现萌发现象;8 h 后观察发现,对照小麦白粉病菌孢子萌发率为 65.3%,天名精内酯酮不同剂量处理孢子的萌发率为 50%~60%;12 h 后观察发现,不同剂量的天名精内酯酮处理与对照的孢子萌发率均在 85% 以上,各处理间无明显差异。说明天名精内酯酮对小麦白粉病菌孢子萌发无明显的抑制作用。

天名精内酯酮对小麦白粉病菌菌落扩展的影响见表 2。

2 结果与分析

2.1 天名精内酯酮防治小麦白粉病的盆栽试验结果

由表 1 可见,通过灌根和喷雾 2 种施药方式处理发现,天名精内酯酮对小麦白粉病均有较好的控制效果。当质量浓度为 500 mg/L 时,天名精内酯酮灌根处理的保护效果为 66.30%,治疗效果为 74.36%;喷雾处理的保护效果为 74.13%,治疗效果为 84.16%,且 2 种施药方式的防治效果均显著低于 150 mg/L 三唑酮处理。当质量浓度为 1 000 mg/L 时,天名精内酯酮灌根和喷雾处理的保护效果与治疗效果分别为 80.43%和88.03%与82.69%和 88.05%,且 2 种施药方式的防治效果与 150 mg/L 三唑酮处理差异不显著。比较可知,天名精内酯酮喷雾处理和灌根处理对小麦白粉病的控制效果相当,说明天名精内酯酮具有较强的内吸传导性能,这有待进一步深入研究。

表 2 天名精内酯酮对小麦白粉病菌菌落扩展的影响

Table 2 Effects of Carabrone on mycelial

growth of *B. graminis*

天名精内酯酮质量浓度/ (mg · L ⁻¹) Fungicide dosages	病情指数 Disease index	防治效果/% Effectiveness
750	14.3	85.7
500	27.0	73.0
250	30.2	69.8
125	46.0	54.0
62.5	58.7	41.3
31.25	74.6	25.4
CK	100.0	—

表 2 表明,天名精内酯酮对白粉菌菌落的扩展具明显控制效应,且呈明显的质量浓度依赖关系。

经拟合可得天名精内酯酮对小麦白粉病菌菌落扩展的抑制毒力曲线 $Y=2.6537+1.1598x$, $r=0.9878$, $\chi^2=8.37$, $EC_{50}=105.4314\text{ mg/L}$, 其 95% 置信限为 83.610~132.948 mg/L。

2.3 天名精内酯酮对小麦白粉病菌菌丝形态和超微结构的影响

天名精内酯酮对小麦白粉病菌菌丝形态和超微结构的影响见图 1 和图 2。

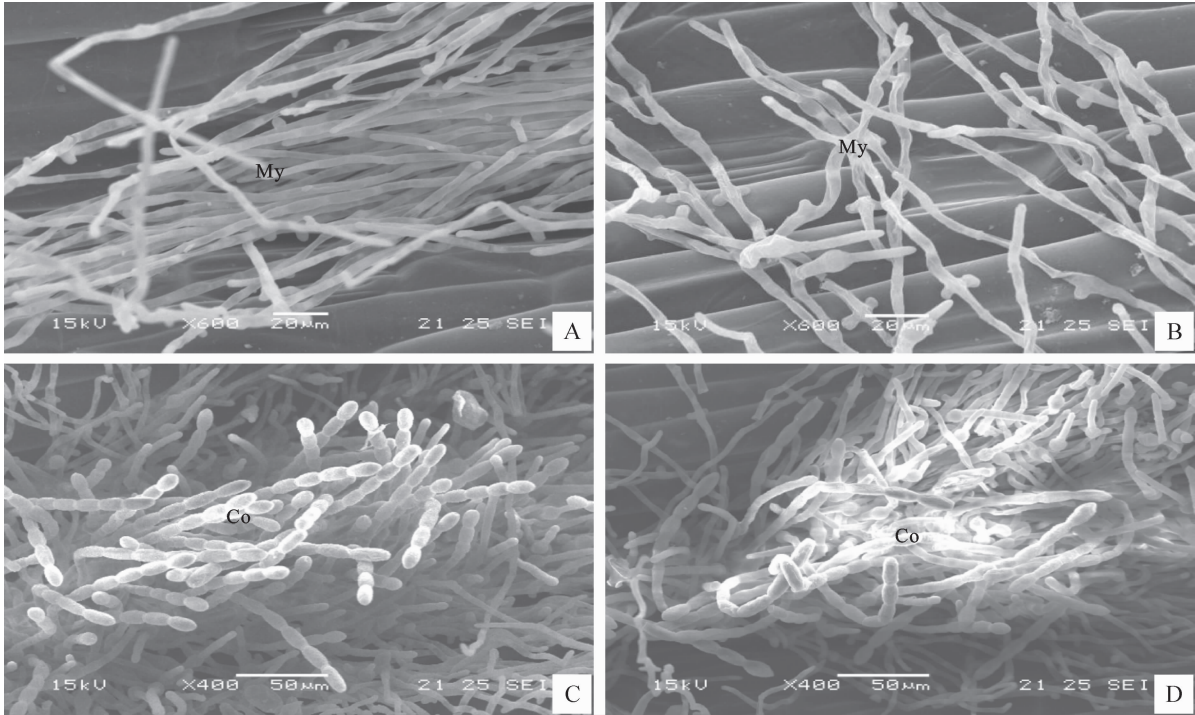


图 1 天名精内酯酮对小麦白粉病菌菌丝形态的影响
A、C. 对照;B、D. 天名精内酯酮处理;My. 菌丝;Co. 孢子
Fig.1 Effect of Carabrone treatment on the mycelial shape of *B. graminis*
A,C. Control;B,D. Carabrone treatment;My. mycelia;Co. Conidia

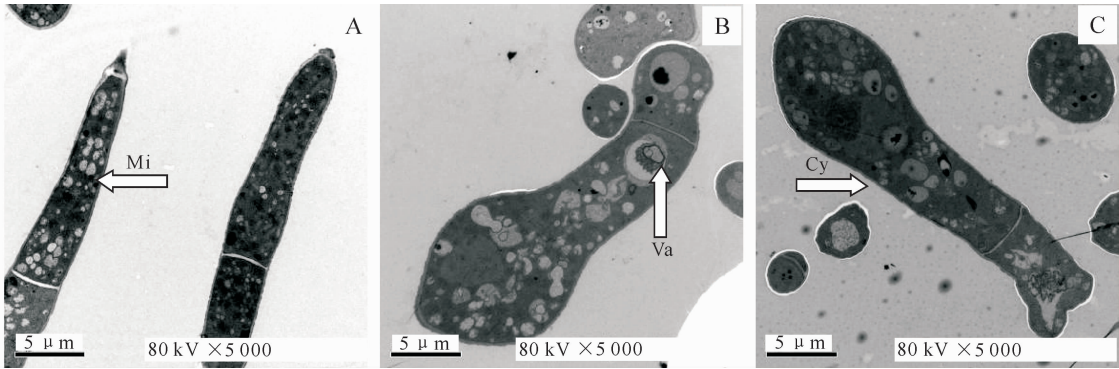


图 2 天名精内酯酮处理对小麦白粉病菌菌丝超微结构的影响
A. 对照;B、C. 天名精内酯酮处理;Mi. 线粒体;Va. 液泡;Cy. 细胞质
Fig.2 Effect of Carabrone treatment on the ultrastructure of *B. graminis*
A. Control;B,C. Carabrone treatment;Mi. Mitochondria;Va. Vacuole;Cy. Cytoplasm

2.3.1 对小麦白粉病菌菌丝形态的影响 扫描电镜观察发现,未经天名精内酯酮处理(对照)的小麦白粉病菌丝体粗细均匀,表面光滑,纤长;菌丝生长点表面光滑无异常(图 1-A);其分生孢子饱满、椭圆形,表面光滑,呈串产生于分生孢子梗顶端(图 1-

C)。经天名精内酯酮处理后,小麦白粉病菌菌丝生长稀疏、表面皱缩,菌体出现不规则扭曲,畸形(图 1-B);分生孢子数量减少,表面皱缩、塌陷,孢子形状不规则(图 1-D)。

2.3.2 对小麦白粉病菌超微结构的影响 透射电

镜观察发现,未经天名精内酯酮处理(对照)的小麦白粉病菌菌丝,其各种细胞结构完整,细胞壁、核和核膜清晰可见;细胞内电子致密物均匀而清晰,囊泡小而数量较多;内质网发达,线粒体均匀(图 2-A)。经天名精内酯酮处理后,小麦白粉病菌菌丝细胞内各种细胞器解体,细胞内液泡明显比对照大,且出现空腔(图 2-B);电子致密度明显增大,菌丝坏死(图 2-C)。

透射电镜观察发现,未经天名精内酯酮处理(对

照)的小麦白粉病菌吸器内原生质电子致密度均匀一致,囊泡少,吸器外壁光滑,外质膜厚度均匀、平展;各种细胞结构完整,细胞壁、细胞核和核膜均清晰可见,且结构正常(图 3-A)。但经天名精内酯酮处理后,细胞质发生紊乱,吸器内原生质电子致密度明显增加,且液泡内有电子致密度高的沉积物(图 3-B);细胞内出现大量的液泡(图 3-C);线粒体肿胀,脊变短,部分脊消失,吸器液泡化现象严重(图 3-D)。

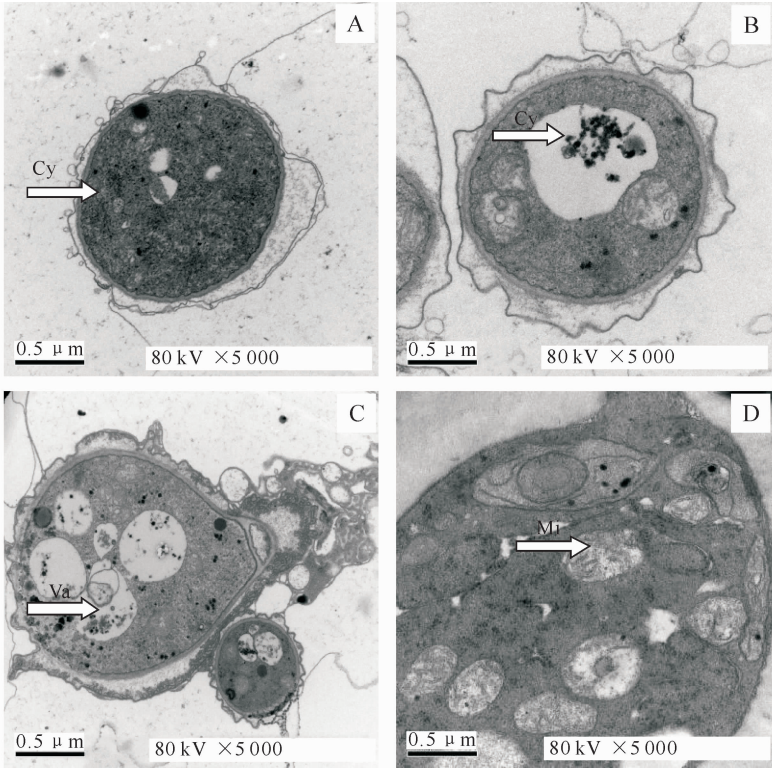


图 3 天名精内酯酮处理对小麦白粉病菌吸器超微结构的影响

A. 对照;B,C,D. 天名精内酯酮处理;Cy. 细胞质;Mi. 线粒体;Va. 液泡

Fig. 3 Effect of Carabrone treatment on the haustellum of *B. graminis*

A. Control;B,C,D. Carabrone treatment;Cy. Cytoplasm;Mi. Mitochondria;Va. Vacuole

3 小结与讨论

本试验中,离体叶段法测定结果表明,天名精内酯酮对小麦白粉病菌菌落的扩展具明显控制效应;盆栽试验结果表明,天名精内酯酮对小麦白粉病具有保护和治疗双重效果,且灌根处理对小麦白粉病有较好的防效,说明天名精内酯酮具有较优的内吸传导性能。

本试验结果表明,天名精内酯酮对小麦白粉病菌的菌丝形态和超微结构具有明显的影响,主要表现为:1)可致小麦白粉病菌菌丝体和分生孢子形态发生异常变化,表现为菌丝扭曲、畸形,孢子表面皱缩,分生孢子形状不规则;2)可导致病菌菌丝细胞内

液泡明显增大,且出现空腔,电子致密度明显增大;3)使吸器内电子致密度增高,线粒体肿胀、瓦解,吸器严重液泡化,且液泡内有电子致密度高的沉积物。

杀菌剂对病菌菌丝形态的影响和其作用机理有着密切的联系。三唑类杀菌剂是目前生产和应用最多的一类杀菌剂品种,主要通过阻碍真菌麦角甾醇的生物合成而影响真菌细胞壁的形成^[8]。三唑类杀菌剂对植物病原菌菌丝形态和超微结构的影响主要表现在:使菌丝不规则肿胀,分枝明显增多,菌丝细胞壁不规则加厚,形成不均匀的隔膜^[9-11]。其他类杀菌剂因其作用机理不同,对病菌细胞形态的影响也不同。例如苯并咪唑类杀菌剂首先与构成纺锤丝的微管蛋白结合,使微管的形成受阻,从而破坏纺锤

丝的功能,阻碍细胞正常的有丝分裂,使病菌不能正常生长^[12];苯酰胺类杀菌剂可引起病菌细胞核的退化,使细胞质中核糖体数量减少,从而抑制了病菌细胞核糖体的合成^[12];而甲氧基丙烯酸酯类杀菌剂是通过干扰病原真菌的呼吸作用来发挥杀菌作用的,它是一种真菌细胞色素 bc1 的呼吸抑制剂^[13]。本研究表明,经天名精内酯酮处理后,其可致小麦白粉病菌菌丝体和分生孢子形态发生异常变化,使线粒体肿胀、瓦解。可见天名精内酯酮的作用方式和抑菌机理与现有的杀菌剂有较大差异。

冯俊涛等^[2]研究表明,天名精内酯酮对多种病原菌的菌丝生长和孢子萌发均有较强的抑制作用^[2]。一般认为,杀菌剂抑制菌丝生长是其影响了病原菌的生物合成;孢子萌发受抑则是病原菌的生物氧化或生物呼吸受到了影响,而使其能量供应受阻^[14]。本研究表明,天名精内酯酮对小麦白粉病菌孢子的萌发无明显抑制作用,但对小麦白粉病菌菌落扩展具明显的控制效应,并可致小麦白粉病菌菌丝体形态发生异常变化,使线粒体肿胀、瓦解,这可能是由于经天名精内酯酮处理后,对小麦白粉病菌的生物合成和生物氧化过程均有不同程度的影响,使得菌丝体内的合成代谢或能量代谢受到抑制,进而影响细胞的生理生化过程,使细胞的代谢紊乱,最终导致病菌细胞死亡,对此尚需通过进一步的生理生化研究来证明。下一步工作重点是通过在天名精内酯酮这一天然产物杀菌作用机制的深入探讨,希望发现新的作用靶标,并开发出新类型杀菌剂。

参考文献

- [1] 周子燕,李昌春,高同春,等.三唑类杀菌剂的研究进展[J].安徽农业科学,2008,36(27):11842-11844.
Zhou Z Y, Li C C, Gao T C, et al. Progress on study of triazole fungicides [J]. Journal of Anhui Agri Sci, 2008, 36(27): 11842-11844. (in Chinese)
- [2] 冯俊涛,马志卿,王俊儒,等.从大花金挖耳分离的具杀菌活性的卡拉布烷型倍半萜内酯化合物及其用途:中国,200610104867.7 [P]. 2006-11-07.
Feng J T, Ma Z Q, Wang J R, et al. The use of fungicidal carabran-sesquiterpene lactone from *Carpesium macrocephalum* Franch. Et Sav. : China, 200610104867. 7 [P]. 2006-11-07. (in Chinese)
- [3] 冯俊涛,张亚梅,王俊儒,等.天名精内酯酮衍生物合成及其抑菌活性[J].农药学学报,2007,9(2):185-188.
Feng J T, Zhang Y M, Wang J R, et al. Synthesis and antifungal activities of carabrone derivatives [J]. Chinese Journal of Pesticide Science, 2007, 9(2): 185-188. (in Chinese)
- [4] 方中达.植病研究方法[M].3版.北京:农业出版社,1995.
Fang Z D. The research methods of plant disease [M]. 3rd ed. Beijing: Agricultural Press, 1995. (in Chinese)
- [5] 慕立义,吴文君,王开运.植物化学保护研究方法[M].北京:中国农业出版社,1994.
Mu L Y, Wu W J, Wang K Y. Methods of phytochemical protection [M]. Beijing: China Agric Press, 1994. (in Chinese)
- [6] 康振生.植物病原菌超微结构[M].北京:中国科学技术出版社,1996:7-11.
Kang Z S. Ultrastructure of plant pathogenic fungi [M]. Beijing: China Science and Technology Press, 1996: 7-11. (in Chinese)
- [7] 唐启义,冯明光.实用统计分析及其 DPS 数据处理系统[M].北京:科学出版社,2002:53-55,393-400.
Tang Q Y, Feng M G. Data processing system for practical statistics [M]. Beijing: Science Press, 2002: 53-55, 393-400. (in Chinese)
- [8] 陈茹梅,李金玉,康振生,等.戊唑醇对小麦纹枯菌超微结构的影响[J].菌物系统,2000,19(3):389-395.
Chen R M, Li J Y, Kang Z S, et al. Effect of tebuconazole on ultrastructural changes of *Rhizoctonia cerealis* [J]. Mycosystema, 2000, 19(3): 389-395. (in Chinese)
- [9] 康振生,商鸿生,井金学,等.内吸杀菌剂烯唑醇对小麦条锈菌和白粉菌发育影响的研究[J].植物病理学报,1996,26(2):111-116.
Kang Z S, Shang H S, Jing J X, et al. Effects of systemic fungicide Diniconazole on the development of stripe rust and powdery mildew on their host wheat [J]. Acta Phytopathologica Sinica, 1996, 26(2): 111-116. (in Chinese)
- [10] 韩青梅,康振生,黄丽丽,等.戊唑醇对赤霉病菌生长发育影响的细胞学和免疫细胞化学研究[J].菌物学报,2004,23(4):580-589.
Han Q M, Kang Z S, Huang L L, et al. Cytology and immunocytochemistry studies of effects of Tebuconazole on wheat head blight pathogen *in vitro* [J]. Mycosystema, 2004, 23(4): 580-589. (in Chinese)
- [11] 张新春,康振生,韩青梅,等.杀菌剂茚唑啉对油菜菌核病菌生长发育的影响[J].西北农林科技大学学报:自然科学版,2004,32(2):25-30.
Zhang X C, Kang Z S, Han Q M, et al. Effects of fungicide metconazole on the hyphal development of *Sclerotinia sclerotiorum* on Canola [J]. Journal of Northwest A&F University: Natl Sci Ed, 2004, 32(2): 25-30. (in Chinese)
- [12] 徐汉虹.植物化学保护学[M].4版.北京:中国农业出版社,2008.
Xu H H. Crop protection with chemicals [M]. 4th ed. Beijing: China Agric Press, 2008. (in Chinese)
- [13] 祝明亮,罗义勇,李梅云,等.植物病原真菌对内吸性杀菌剂的抗药性研究进展[J].烟草农业科学,2006,2(4):324-329.
Zhu M L, Luo Y Y, Li M Y, et al. Research advances in resistance to in-suck fungicides of phytopathogenic fungi [J]. Tobacco Agricultural Science, 2006, 2(4): 324-329. (in Chinese)
- [14] 吴文君.从天然产物到新农药创制[M].北京:化学工业出版社,2006:190-194.
Wu W J. From natural products to create new pesticide [M]. Beijing: Chemical Industry Press, 2006: 190-194. (in Chinese)