

引文格式: 董志锴, 缪婷, 宋洁, 等. 田间烟草白粉病高效低残留杀菌剂的筛选[J]. 云南农业大学学报(自然科学), 2023, 38(3): 377–382. DOI: 10.12101/j.issn.1004-390X(n).202207036

田间烟草白粉病高效低残留杀菌剂的筛选*

董志锴¹, 缪婷², 宋洁³, 王越茂³, 李聪平³, 赵正雄², 李向阳^{3**}, 刘林^{1,4**}

(1. 云南农业大学 植物保护学院, 农业生物多样性应用技术国家工程研究中心, 云南 昆明 650201;

2. 云南农业大学 资源与环境学院, 云南 昆明 650201;

3. 中国烟草云南进出口有限公司, 云南 昆明 650031;

4. 云南农业大学 烟草学院, 云南 昆明 650201)

摘要:【目的】研究化学杀菌剂对烟草白粉病的防治效果及农药残留情况。【方法】通过田间药效试验比较分析 40% 腈菌唑可湿性粉剂 (C1)、50% 醚菌酯水分散粒剂 (C2)、10% 苯醚甲环唑水分散粒剂 (C3)、30% 氟菌唑可湿性粉剂 (C4)、20% 三唑酮乳油 (C5)、40% 菌核净可湿性粉剂 (C6) 和 50% 多菌灵可湿性粉剂 (C7) 等 7 种杀菌剂对烟草白粉病的防治效果和对烟草产质量的影响, 并通过气相色谱—质谱仪分析比较杀菌剂在烤烟中的农药残留情况。【结果】C1、C2 和 C3 对烟草白粉病的防治效果均优于 C7, 其中 C2 对烟草白粉病的防治效果最好 (98.53%), 其次为 C1 (88.99%)。烟叶产质量结果表明: 使用 C4 防治烟草白粉病的田块中上等烟产量最高 (845.48 kg/hm²), 占收获烟叶总量的 64.70%; 产值达 40212.64 元/hm², 除去药剂成本的纯收入最高 (39573.64 元/hm²); 烟叶中农药的残留量较少, 低于检测限量 (0.05 mg/kg)。【结论】C2 和 C1 可作为多菌灵防治烟草白粉病的替代农药, 但农药残留略高; C4 对烟草白粉病的防治效果较好, 且农药残留较低。

关键词: 烟草白粉病; 杀菌剂; 多菌灵; 农药残留; 替代农药

中图分类号: S435.72

文献标志码: A

文章编号: 1004-390X (2023) 03-0377-06

Screening of High Efficiency and Low Residue Fungicide of Tobacco Powdery Mildew in Field

DONG Zhikai¹, MIAO Ting², SONG Jie³, WANG Yuemao³, LI Congping³,
ZHAO Zhengxiong², LI Xiangyang³, LIU Lin^{1,4}

(1. National Engineering Research Center for Applied Technology of Agro-biodiversity, College of Plant Protection, Yunnan Agricultural University, Kunming 650201, China; 2. College of Resources and Environment, Yunnan Agricultural University, Kunming 650201, China; 3. China Tobacco Yunnan Import and Export Co. Ltd., Kunming 650031, China; 4. College of Tobacco Science, Yunnan Agricultural University, Kunming 650201, China)

Abstract: [Purpose] To study the control effect of chemical fungicides on tobacco powdery mildew and pesticide residues. [Methods] Field efficacy trial was conducted to compare and analyze the effect of prevention and the effects on tobacco yield and quality about seven fungicides on tobacco powdery mildew, including 40% myclobutanil wettable powder (C1), 50% kresoxim-methyl water dispersible granule (C2), 10% difenoconazole water dispersible granule (C3), 30% triflumizole

收稿日期: 2022-07-24

修回日期: 2023-04-26

网络首发日期: 2023-06-14

*基金项目: 中国烟草总公司云南省公司科技计划项目 (2021530000242025)。

作者简介: 董志锴 (1998—), 男, 云南保山人, 在读硕士研究生, 主要从事作物病害防治研究。

E-mail: 2906644015@qq.com

**通信作者 Corresponding authors: 李向阳 (1979—), 男, 河南驻马店人, 博士, 助理研究员, 主要从事烟草农艺技术研究。E-mail: lixy@ctyiee.cn; 刘林 (1980—), 女, 云南昆明人, 博士, 副教授, 主要从事植物病理研究。E-mail: liulin6032@163.com

网络首发地址: <https://kns.cnki.net/kcms2/detail/53.1044.S.20230612.1727.006.html>



wettable powder (C4), 20% triadimefon EC (C5), 40% dimethachlone net wettable powder (C6) and 50% carbendazim wettable powder (C7). The pesticide residues of fungicides in flue-cured tobacco were analyzed and compared by gas chromatography-mass spectrometry. [Results] C1, C2 and C3 had better control effects on tobacco powdery mildew than C7, among which, C2 had the best control effect (98.53%), and followed by C1 (88.99%). The results of tobacco leaf yield and quality measurement showed that the middle- and high-grade tobacco yield (845.48 kg/hm^2) was the highest in the fields using C4 to control tobacco powdery mildew, accounting for 64.70% of the total harvested tobacco leaves; the output value reached $40212.64 \text{ yuan/hm}^2$, and the net income excluding pesticide costs was the highest ($39573.64 \text{ yuan/hm}^2$); pesticide residues in tobacco leaves were less, lower than the detection limit (0.05 mg/kg). [Conclusion] C2 and C1 can be used as alternative pesticides for the control of tobacco powdery mildew, but the pesticide residue is slightly higher; and C4 has better control effect on tobacco powdery mildew, and the pesticide residue is lower.

Keywords: tobacco powdery mildew; fungicides; carbendazim; pesticide residues; alternative pesticides

烟草是中国主要叶用经济作物,近年来种植面积和产量均居世界前列^[1]。随着烟草集约化育苗和集中化田间种植^[2]的发展,适宜的温度条件加快了气传病害烟草白粉病的传播,已成为烟草生产上的主要病害之一。近年来,烟草白粉病在中国烟区发生日趋严重,发生区域逐年扩大,西南产区成为其重灾区^[3-4]。白粉病在云南烟区每年均有不同程度的发生,通常老叶先发病,逐渐自下而上蔓延,严重时叶片全部脱落,仅留叶脉。烟草白粉病不仅造成烟叶产量的严重损失,还导致烟叶质量大幅下降,甚至整株烟死亡,且不利于烟叶的存放^[5-8]。为了获得更高的经济效益,烟农形成了大范围施用广谱性化学杀菌剂的习惯,给烤烟农残超标带来了风险。

多菌灵是一类高效、低毒的广谱性杀菌剂,其作用机理为干扰病原菌有丝分裂中纺锤体的形成,影响细胞分裂,从而起到杀菌的作用。多菌灵能较好地防治多种病害,被广泛用于农业生产中作物病害的防治;但是,多菌灵对哺乳动物有一定的毒害作用,且烟草燃烧后,部分多菌灵能够保持原有的分子结构,并通过主流烟气进入到人体内,影响人体健康。近年来,烟叶中多菌灵农药残留检出率较高,对烟叶质量安全造成一定的风险^[9]。国际烟草科学研究中心规定了烟草中多菌灵的指导性残留限量,多菌灵残留超标已成为影响烟叶出口的一大制约因素。因此,开展多菌灵安全用药及其替代药剂研究具有重要意义和必要性。本研究采用 40% 腈菌唑可湿性粉

剂、50% 醚菌酯水分散粒剂、10% 苯醚甲环唑水分散粒剂、30% 氟菌唑可湿性粉剂、20% 三唑酮乳油、40% 菌核净可湿性粉剂和 50% 多菌灵可湿性粉剂等 7 种杀菌剂对烟草白粉病进行田间药效试验,对比分析不同杀菌剂对烟草白粉病的防效、农药残留情况以及对烟草产质量的影响,以期筛选可作为替代多菌灵防治烟草白粉病且高效、低毒、低残留的农药。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验地位于烟草白粉病发病较严重的大理州祥云县祥城镇马军村 ($N25.4813^\circ$, $E100.5985^\circ$, 海拔 1957 m), 开展试验的地块规整, 土壤肥力均匀, 前作作物为大蒜。

1.2 试验设计

供试烤烟品种为当地主栽品种云烟 87, 试验共设 8 个处理, 每个处理 3 次重复, 共 24 个小区 (面积为 $0.8 \text{ m} \times 17.5 \text{ m} = 14 \text{ m}^2$), 随机区组排列。空白对照 (CK): 不使用农药; 处理 1 (C1): 使用山西奇星农药有限公司生产的 40% 腈菌唑可湿性粉剂 (以下简称“腈菌唑”); 处理 2 (C2): 使用巴斯夫欧洲公司生产的 50% 醚菌酯水分散粒剂 (以下简称“醚菌酯”); 处理 3 (C3): 使用山东贵和生物科技有限公司生产的 10% 苯醚甲环唑水分散粒剂 (以下简称“苯醚甲环唑”); 处理 4 (C4): 使用浙江禾本科技有限公司生产的 30% 氟菌唑可湿性粉剂 (以下简称“氟菌唑”); 处理 5 (C5): 使

用江苏建农植物保护有限公司生产的 20% 三唑酮乳油 (以下简称“三唑酮”); 处理 6 (C6): 使用浙江斯佩斯植保有限公司生产的 40% 菌核净可湿性粉剂 (以下简称“菌核净”); 处理 7 (C7): 使用江苏蓝丰生物化工股份有限公司生产的 50% 多菌灵可湿性粉剂 (以下简称“多菌灵”)。供试所有药剂均为市购。

根据试验布局, 每个小区 30 株烟, 每个处理之间隔 1 行作为保护行, 不施药。根据农药标签上的推荐使用剂量配制农药, 供试农药均混合均匀后用电动喷雾器均匀喷施于烟叶表面, 上、中、下部位烟叶保证着药均匀。施药日期分别为 2021 年 7 月 12 日、7 月 21 日和 8 月 6 日。各小区施肥和灌溉等田间管理保持一致; 处理 1~7 的常规用药种类、时间和次数一致, 除试验用药外, 不使用其他杀菌剂。每个小区单独挂牌编号烘烤, 不足一杆的两端用空白烟叶补充, 烘烤时不同处理间用空白烟叶隔开。

1.3 测定项目及方法

1.3.1 烟草病害发生情况调查

每次施药前 1~2 d 以及施药后第 7 和 14 天调查烟草病害发生情况, 详细记录病害种类以及各种病害的发病率和病情指数。每个小区采用 5 点取样法进行调查, 每个点调查 3 株, 每个处理共 3 个重复, 故每个处理共调查 45 株 (每个小区调查的结果分开记录)。病害调查结果按叶面感病面积分级记录, 并计算病情指数和相对防效。病害分级标准为: 0 级, 无病斑; 1 级, 病斑面积占

叶面积的 5% 以下; 3 级, 病斑面积占叶面积的 6%~10%; 5 级, 病斑面积占叶面积的 11%~20%; 7 级, 病斑面积占叶面积的 21%~40%; 9 级, 病斑面积占叶面积的 40% 以上。病情指数和相对防效的计算公式为: 病情指数 = $[\sum(\text{各级病株或叶数} \times \text{该病级值}) / (\text{调查总株或叶数} \times \text{最高病级值})] \times 100$; 相对防效 = $[(\text{对照病情指数} - \text{处理病情指数}) / \text{对照病情指数}] \times 100\%$ 。

1.3.2 经济指标测定

按照中华人民共和国国家标准《烤烟》(GB 2635—1992) 对烤烟进行分级, 统计产量、上等烟比例和产值。

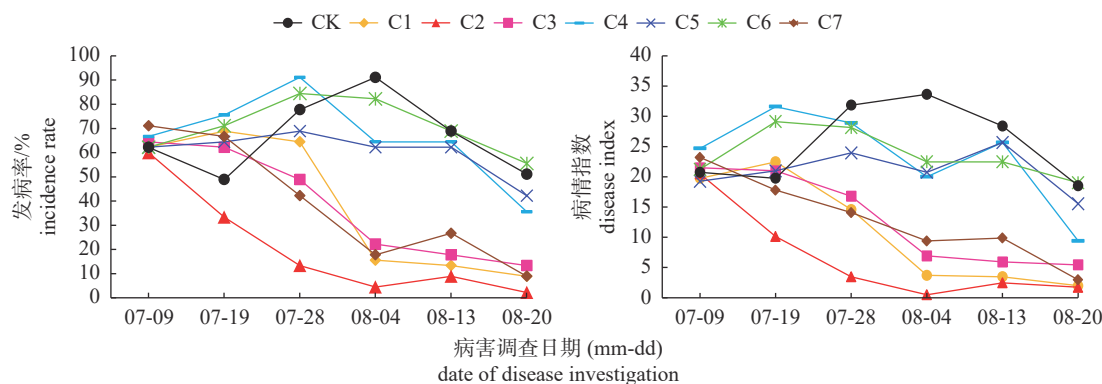
1.3.3 烟叶农药残留检测

烤后烟叶进行产质量调查后, 每个重复取相应部位的整片叶片至少 2.0 kg 作为代表样进行农药残留检测, 上部烟样品取第 11~20 片烟叶, 中、下部样品取第 1~10 片烟叶。将各处理不同部位的烟叶样品带回实验室, 除叶脉后于 80 ℃ 烘干, 用打粉机粉碎过筛后得到烟末样品; 每个处理上、中、下 3 个叶位的烟末样品各取 3.3 g 后混匀为 1 个样品, 送至云南三标农林科技有限公司通过气相色谱—质谱仪 Agilent7890B-5977 检测杀菌剂的残留情况。

2 结果与分析

2.1 不同杀菌剂对烟草白粉病的防治效果

由图 1 可知: 施用醚菌酯 (C2) 对烟草白粉病的防治效果最好, 第 1 次施药 7 d 后田间白粉病



注: CK. 空白对照, 不使用农药; C1. 40% 腈菌唑可湿性粉剂; C2. 50% 醚菌酯水分散粒剂; C3. 10% 苯醚甲环唑水分散粒剂; C4. 30% 氟菌唑可湿性粉剂; C5. 20% 三唑酮乳油; C6. 40% 菌核净可湿性粉剂; C7. 50% 多菌灵可湿性粉剂; 下同。

Note: CK. no pesticides were used in the blank control; C1. 40% myclobutanil wettable powder; C2. 50% kresoxim-methyl water dispersible granule; C3. 10% difenoconazole water dispersible granule; C4. 30% triflumizole wettable powder; C5. 20% triadimefon EC; C6. 40% dimethachlone net wettable powder; C7. 50% carbendazim wettable; the same as below.

图 1 不同杀菌剂对烟草白粉病的防治效果

Fig. 1 Control effect of tobacco powdery mildew with different fungicides

的发病率和病情指数分别降为 33.3% 和 10.1，第 2 次施药 14 d 后田间白粉病发病率和病情指数分别降为 4.4% 和 0.5，白粉病得到有效控制；腈菌唑 (C1) 和苯醚甲环唑 (C3) 对烟草白粉病的防治效果与多菌灵 (C7) 相似，防治效果均较 C2 慢，连续 3 次施药后才可有效控制烟草白粉病；氟菌唑 (C4)、三唑酮 (C5) 和菌核净 (C6) 对烟草白粉病的防治效果不理想，连续 3 次施药后白粉病发病率和病情指数均与未施用农药的处理 (CK) 相差不多。

由表 1 可知：腈菌唑 (C1)、醚菌酯 (C2) 和苯醚甲环唑 (C3) 对烟草白粉病的防治效果均高于 79%，优于多菌灵 (C7)。其中，C2 的防治效果高达 98.53%，防治效果最好；C1 的防治效果次之 (88.99%)；氟菌唑 (C4)、三唑酮 (C5) 和菌核净 (C6) 对烟草白粉病防治效果不理想，其防效远低于 C7。可见，就防治效果而言，C1、C2 和 C3 可作为替代 C7 防治烟草白粉病的首选杀菌剂。

此外，调查过程中发现试验烟田发生烟草气候斑点病，且在施用过杀菌剂的烟田中其发病率和病情指数均较对照 (CK) 低，说明杀菌剂在防治烟草白粉病的同时能有效降低烟草气候性斑点病的发生，对烟草气候性斑点病有一定的预防作用 (图 2)。

2.2 不同杀菌剂处理田块烟叶的经济性状

由表 2 可知：腈菌唑 (C1)、醚菌酯 (C2)、苯醚甲环唑 (C3) 和氟菌唑 (C4) 的烤烟产量和产值均较高。其中，C4 处理的中上等烟产量最高 (845.48 kg/hm²)，占该处理烤烟产量的 64.70%，产值达 40 212.64 元/hm²，除去药剂成本后的纯收入最高 (39 573.64 元/hm²)；C3 处理的烤烟产量和

表 1 不同杀菌剂 2 次施用后对烟草白粉病的防治效果 (2021-08-04)

Tab. 1 Control effect on tobacco powdery mildew by different fungicides twice application

处理 treatments	病情指数 disease index	防治效果/% control effect
CK	33.64±5.56 a	—
C1	3.70±2.96 d	88.99±6.83 ab
C2	0.49±0.24 d	98.53±0.64 a
C3	6.91±2.11 cd	79.45±4.30 ab
C4	20.00±5.13 abc	40.55±29.28 b
C5	20.75±7.20 abc	38.33±14.07 ab
C6	22.47±2.58 ab	33.20±21.45 b
C7	9.38±6.59 bcd	72.11±31.46 ab

注：CK. 空白对照，不使用农药；C1. 40%腈菌唑可湿性粉剂；C2. 50%醚菌酯水分散粒剂；C3. 10%苯醚甲环唑水分散粒剂；C4. 30%氟菌唑可湿性粉剂；C5. 20%三唑酮乳油；C6. 40%菌核净可湿性粉剂；C7. 50%多菌灵可湿性粉剂；下同。同列不同小写字母表示不同处理间差异显著 ($P<0.05$)。

Note: CK. no pesticides were used in the blank control; C1. 40% myclobutanil wettable powder; C2. 50% kresoxim-methyl water dispersible granule; C3. 10% difenoconazole water dispersible granule; C4. 30% triflumizole wettable powder; C5. 20% triadimefon EC; C6. 40% dimethachlone net wettable powder; C7. 50% carbendazim wettable; the same as below. Different lowercase letters in the same column indicate significant differences among different treatments ($P<0.05$).

产值位居第 2，产量和产值分别为 913.49 kg/hm² 和 39 132.44 元/hm²，其中上等烟产量较 C4 处理少 52.36 kg/hm²，产值和纯收入较 C4 处理分别少 1 080.20 元/hm² 和 2 241.20 元/hm²。

2.3 烟叶农药残留量

由表 3 可知：氟菌唑 (C4) 在烟叶中的农药残留量较少，低于检测限量 (0.05 mg/kg)；施用腈菌唑 (C1)、醚菌酯 (C2)、苯醚甲环唑 (C3)、三唑酮 (C5)、菌核净 (C6) 和多菌灵 (C7) 的烟叶中，其残留量均高于其在未施用任何杀菌剂 (CK) 烟叶中的残留量，尤其施用了 C6 的烟叶，其残留

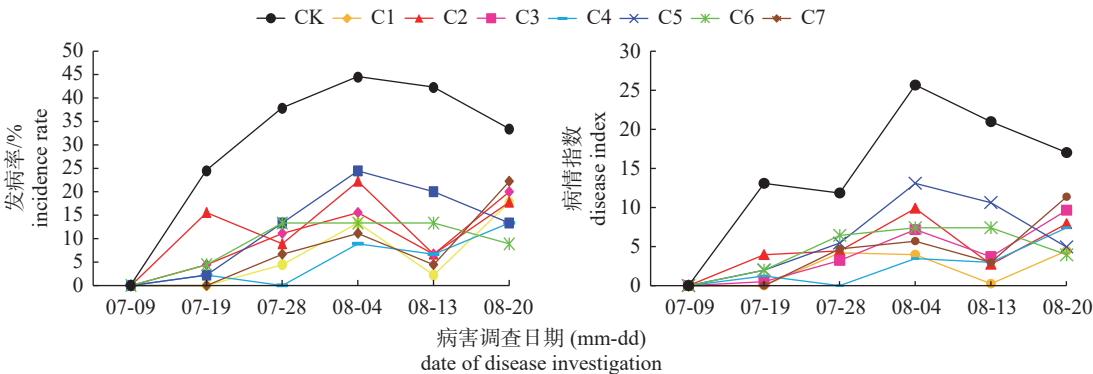


图 2 烟草气候性斑点病的发病率和病情指数

Fig. 2 Incidence rate and disease index of tobacco climatic spot disease

表 2 不同杀菌剂处理烟草的经济性状分析
Tab. 2 Analysis on the economic traits of tobacco treated with different fungicides

处理 treatments	产量/(kg·hm ⁻²) yield			产值/(元·hm ⁻²) output/(yuan·hm ⁻²)	杀菌剂成本/(元·hm ⁻²) costs of fungicides/ (yuan·hm ⁻²)	纯收入/(元·hm ⁻²) net income/(yuan·hm ⁻²)
	上等烟 high-grade tobacco	中等烟 middle-grade tobacco	下等烟 low-grade tobacco			
CK	216.04±147.84	118.82±81.31	65.35±44.72	24 583.55±6 617.96	0.00	24 583.55±6 617.96
C1	466.18±49.39	256.40±27.16	141.02±14.94	37 689.33±5 374.66	643.50	37 045.83±5 374.66
C2	481.82±181.82	265.00±100.00	145.75±55.00	34 552.08±1 840.51	684.00	33 868.08±1 840.51
C3	493.11±164.75	271.21±90.61	149.17±49.84	39 132.44±6 927.06	1 800.00	37 332.44±6 927.06
C4	545.47±157.32	300.01±86.52	165.00±47.59	40 212.64±7 627.48	675.00	39 573.64±7 627.48
C5	300.37±251.89	165.20±138.53	90.86±76.20	28 455.88±12 379.46	594.00	27 961.88±12 379.46
C6	250.03±66.81	137.52±36.75	75.63±20.21	27 897.16±4 361.81	1 728.00	26 169.16±4 361.81
C7	280.54±180.04	154.30±99.02	84.86±54.46	27 014.48±5 325.67	450.00	26 564.48±5 325.67

表 3 不同杀菌剂在烟草中的残留量
Tab. 3 Residues of different fungicides in tobacco mg/kg

处理 treatments	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7
CK	0.69	0.75	0.23	<0.05	0.05	2.34	0.39
C1	7.17	—	—	—	—	—	0.41
C2	—	3.96	—	—	—	—	0.59
C3	—	—	11.73	—	—	—	0.61
C4	—	—	—	<0.05	—	—	0.83
C5	—	—	—	—	0.15	—	0.86
C6	—	—	—	—	—	42.53	0.53
C7	—	—	—	—	—	—	4.88

注：—，未检测到该农药。
Note: —, the pesticides is not detected.

量是 CK 处理的 18.18 倍。此外，检测供试的 7 种杀菌剂在对照处理烟叶中的残留情况显示：除 C4 残留量低于检测限量 (0.05 mg/kg) 外，其余 6 种农药的残留量均高于检测限量，且所有未施用多菌灵的处理中也均检测出多菌灵，其残留量为 0.39~0.86 mg/kg。

3 讨论

白粉病是烟草生产过程中的常见病害，目前，除选用抗病品种外，化学防治仍然是该病害防治的主要方法。用于烟草白粉病防治的化学农药主要有三唑酮、甲基硫菌灵、苯菌灵、甲基托布津、腈菌唑和苯菌灵等^[10-12]。虽然，多菌灵未列入烟草登记使用农药，但根据中华人民共和国农业农村部农药登记资料，甲基硫菌灵可用于烟草白粉病和根黑腐病的防治。有研究表明：甲基

硫菌灵在植物体内可代谢为多菌灵^[13]。本研究将 7 种杀菌剂施用于烟草白粉病发病较严重的田块，对比分析不同杀菌剂对烟草白粉病的防效、农药残留情况以及对烟草产质量的影响，结果表明：醚菌酯和腈菌唑对烟草白粉病的防治效果最好，其防治效果约为 90%，能作为多菌灵防治烟草白粉病的替代农药。马瑞峰^[14]研究表明：多菌灵对大果榛子白粉病防治的药效仅约为 50%，腈菌唑 2 次施药后防治白粉病的效果约为 70%；而 25% 醚菌酯悬浮剂对葡萄白粉病的防治效果仅为 31.3%^[15]。可见，相同药剂对不同作物白粉病的防治效果不同，这主要是药剂剂型、病害防治时期、环境条件和作物生育期及种类等不同所致。

农药残留检测结果显示：氟菌唑在烟叶中的残留量较低，其余处理的烟叶中均能检测出所施农药，甚至在没有施用多菌灵的处理中也能检测出多菌灵 (残留量为 0.39~0.86 mg/kg)，而施用多菌灵处理的烟叶中多菌灵残留量为 4.88 mg/kg，远高于未施用多菌灵处理的烟叶，推测施药后 5~8 d 采烤可能是导致烟叶中农药残留较高的主要原因。可见，烟叶中普遍存在多菌灵残留的现象，且其残留量较大，在未施用多菌灵的烟叶中检测出多菌灵的原因还有待进一步分析。李义强等^[9]研究也表明烟叶中多菌灵残留较为普遍。多菌灵残留超标已成为影响中国烟叶出口的因素之一，筛选多菌灵的替代农药十分必要。目前，已有报道噁霉胺可作为替代多菌灵的柑橘短期保鲜农药^[16]，但针对多菌灵替代农药防治烟草病害的报道较少。本研究综合考虑 7 种杀菌剂对烟草白粉病的防效、农药残留情况以及对烟草产质量的

影响, 筛选出 2 种作为多菌灵防治烟草白粉病的替代农药(醚菌酯和腈菌唑)和 1 种减少农药残留的备选杀菌剂(氟菌唑), 它们有利于减少多菌灵在烟叶生产中的投入、降低烟叶中多菌灵的含量, 可作为解决烟叶中多菌灵残留超标的新途径。

4 结论

腈菌唑、醚菌酯、苯醚甲环唑和多菌灵均能较好地防治田间烟草白粉病, 尤以醚菌酯和腈菌唑的防治效果最佳, 可作为多菌灵防治烟草白粉病的替代农药, 但由于这 2 种药剂在烟叶中的残留量较高, 防治过程中需考虑用药次数。氟菌唑在烟叶中的残留量较低, 对烟草白粉病防治效果约为 50%, 故接近采收期时可将其作为田间白粉病防治的备选杀菌剂。

[参考文献]

- [1] 曹航. 中国烟草行业发展研究[J]. 现代商贸工业, 2011, 23(5): 4. DOI: [10.19311/j.cnki.1672-3198.2011.05.003](https://doi.org/10.19311/j.cnki.1672-3198.2011.05.003).
- [2] 贾桥东, 张保全, 王卫民, 等. 烟草白粉病的研究进展[J]. 江苏农业科学, 2019, 47(4): 94. DOI: [10.15889/j.issn.1002-1302.2019.04.021](https://doi.org/10.15889/j.issn.1002-1302.2019.04.021).
- [3] 马世斌, 谭本, 付小红, 等. 烟草白粉病绿色防控药剂的筛选及化学药剂减量研究[J]. 安徽农业科学, 2021, 49(3): 144. DOI: [10.3969/j.issn.0517-6611.2021.03.039](https://doi.org/10.3969/j.issn.0517-6611.2021.03.039).
- [4] 刘旭洋. 抗烟草白粉病微生物农药剂型的研究[D]. 贵阳: 贵州大学, 2018.
- [5] 张开虹, 桑维钧, 刁朝强, 等. 烟田附近植物白粉病菌初步调查及其相关性分析[J]. 山地农业生物学报, 2020, 39(2): 82. DOI: [10.15958/j.cnki.sdnyswxb.2020.02.01](https://doi.org/10.15958/j.cnki.sdnyswxb.2020.02.01).
- [6] 张孝廉, 张吉顺, 贾蒙骛, 等. 烟草白粉病抗性基因的 QTL 定位[J]. 中国烟草学报, 2021, 27(5): 105. DOI: [10.16472/j.chinatobacco.2021.002](https://doi.org/10.16472/j.chinatobacco.2021.002).
- [7] 卢志伟, 杨辉, 曾荣, 等. 烟叶烘烤过程中白粉病菌的感染情况[J]. 贵州农业科学, 2015, 43(2): 50. DOI: [10.3969/j.issn.1001-3601.2015.02.015](https://doi.org/10.3969/j.issn.1001-3601.2015.02.015).
- [8] 朱贤朝, 王彦亭, 王智发. 中国烟草病害[M]. 北京: 中国农业出版社, 2002.
- [9] 李义强, 周杨全, 徐金丽, 等. 烟叶中多菌灵农药残留的降解规律和影响因素[J]. 中国烟草学报, 2017, 23(4): 40. DOI: [10.16472/j.chinatobacco.2016.346](https://doi.org/10.16472/j.chinatobacco.2016.346).
- [10] 孙丽萍, 雒振宁, 孟坤. 5 种杀菌剂对温室内烟草白粉病的防效调查[J]. 中国植保导刊, 2013, 33(9): 64. DOI: [10.3969/j.issn.1672-6820.2013.09.018](https://doi.org/10.3969/j.issn.1672-6820.2013.09.018).
- [11] 孙胜, 徐兴阳, 李凤丽, 等. 植物“秬晶”消粉剂对烟草白粉病的田间防效研究[J]. 昆明学院学报, 2021, 43(6): 1. DOI: [10.14091/j.cnki.kmxyxb.2021.06.001](https://doi.org/10.14091/j.cnki.kmxyxb.2021.06.001).
- [12] 许敏, 王戎杰, 王丽萍, 等. 10 种杀菌剂防治黄瓜白粉病田间药效试验[J]. 山西农业科学, 2022, 50(7): 1050. DOI: [10.3969/j.issn.1002-2481.2022.07.18](https://doi.org/10.3969/j.issn.1002-2481.2022.07.18).
- [13] 柳璇, 姚杰, 段小娜, 等. 甲基硫菌灵及其代谢物多菌灵在猕猴桃上的残留及安全性评价[J]. 农药学报, 2020, 22(3): 521. DOI: [10.16801/j.issn.1008-7303.2020.0032](https://doi.org/10.16801/j.issn.1008-7303.2020.0032).
- [14] 马瑞峰. 桓仁地区防治大果榛子白粉病药剂筛选试验[J]. 特种经济作物, 2022, 25(9): 45. DOI: [10.3969/j.issn.1001-4713.2022.09.015](https://doi.org/10.3969/j.issn.1001-4713.2022.09.015).
- [15] 杨瑞, 朱振家, 张娟. 生防菌剂对设施葡萄白粉病的田间防治效果[J]. 中国果菜, 2022, 42(8): 70. DOI: [10.19590/j.cnki.1008-1038.2022.08.012](https://doi.org/10.19590/j.cnki.1008-1038.2022.08.012).
- [16] 平新亮, 林媚, 王天玉, 等. 啞霉胺替代多菌灵在柑橘贮藏过程中的降解及防效研究[J]. 农产品质量与安全, 2021(2): 42. DOI: [10.3969/j.issn.1674-8255.2021.02.009](https://doi.org/10.3969/j.issn.1674-8255.2021.02.009).

责任编辑: 何馨成