

澳洲坚果黑果病药剂防治不同方法效果比较

高 竞^{1,2}, 杨丽萍^{1,2}, 孔祥东^{1,2}, 蒋桂芝^{1,2}, 郑承梅^{1,2}, 王进强^{1,2*}, 贺熙勇^{1,2*}

(1. 云南省热带作物科学研究所/云南省澳洲坚果农业工程研究中心, 云南景洪 666100;

2. 云南省木本油料技术创新中心, 昆明 650201)

[摘要]探究不同施药方式(喷施多菌灵+甲基硫菌灵, 地面撒施多菌灵、地面撒施甲基硫菌灵)和附加措施(增喷乙蒜素、增施植物保护膜、撒施生石灰、地面覆盖塑料薄膜)对澳洲坚果黑果病防控效果的影响。结果表明:各处理发病率和发病指数均显著低于对照,防治效果在27.59%~85.30%。不同施药方式中,喷施处理的黑果病发病率和发病指数最低,防治效果最好,达85.30%,显著高于撒施处理;附加措施各处理对防治效果均无显著提升,和正常喷施多菌灵+甲基硫菌灵相比,增喷乙蒜素、地面覆盖塑料薄膜会显著降低防治效果;种植区土壤磷元素(111.75 mg/kg)远高于澳洲坚果适宜种植范围(10~20 mg/kg),钙、镁、硼等元素缺乏。对澳洲坚果黑果病喷施多菌灵+甲基硫菌灵能获得较好的防治效果,无需附加其他防治措施,不同植区可根据地力情况合理施肥。

[关键词]澳洲坚果; 黑果病; 土壤养分; 多菌灵; 甲基硫菌灵

中图分类号:S664.9; S436.64 文献标识码:A 文章编号:1672-450X(2025)01-0017-05

Exploration of Efficient Prevention and Control Measures for Husk Spot Disease in Macadamia

GAO Jing^{1,2}, YANG Liping^{1,2}, KONG Xiangdong^{1,2}, JIANG Guizhi^{1,2}, ZHENG Chengmei^{1,2},

WANG Jinqiang^{1,2*}, HE Xiyong^{1,2*}

1. Yunnan Institute of Tropical Crops/ Yunnan Macadamia Agricultural Engineering Research Center, Jinghong 666100, China;

2. Yunnan Technology Innovation Center of Woody Oil, Kunming 650201, China

Abstract: Explore the effects of different pesticide application methods (spraying carbendazim+methyl thiophanate, ground spraying carbendazim, ground spraying methyl thiophanate) and additional measures (spraying allicin, applying plant protective film, spraying quicklime, covering plastic film on the ground) on the prevention and control of husk spot disease in macadamia. The results showed that the incidence rate and incidence index of each treatment were significantly lower than those of the control, and the control effect was 27.59%~85.30%. In different application methods, the incidence rate and incidence index of husk spot disease in spraying treatment were the lowest, and the control effect was the best, reaching 85.30%, significantly higher than that in spraying treatment; The additional measures did not significantly improve the control effect of each treatment. Compared with normal spraying of carbendazim+methyl thiophanate, adding allicin and covering the ground with plastic film would significantly reduce the control effect; The phosphorus content in the soil of the planting area (111.75 mg/kg) is much higher than the suitable planting range for macadamia (10~20 mg/kg), and there is a lack of elements such as calcium, magnesium, and boron. In summary, spraying carbendazim and methylthiophanate methyl on the husk spot disease of macadamia can achieve good control effects without the need for additional control measures. Different planting areas can be fertilized reasonably according to soil fertility conditions.

Key words: *Macadamia integrifolia*; black fruit disease; soil nutrient; carbendazim; thiophanate-methyl

收稿日期:2024-07-24

基金项目: 云南省热带作物科技创新体系建设专项资金项目(RF2024-7);“兴滇英才支持计划”(XDYC-CYCX-2022-0068); 云南省热带作物科学研究所青年人才成长基金(QNCZ2022-6); 热带作物虫害发生规律与绿色防治技术研究应用(RF2025-14)

作者简介: 高竞(1996—),男,研究实习员,硕士,研究方向为热带作物病虫害防治。E-mail:1564020143@qq.com

*通信作者: 王进强(1978—),男,研究员,硕士,研究方向为热带作物害虫防治。E-mail:wjinq@126.com

贺熙勇(1973—),男,研究员,硕士,研究方向为澳洲坚果品种选育、栽培及产业经济。E-mail:heda0691@163.com

澳洲坚果(*Macadamia* spp.)作为一种经济价值高、营养丰富的热带作物，在我国南方地区广泛种植，近年来由于管理缺失、病害频发，坚果的产量和品质受到严重影响^[1]。澳洲坚果黑果病主要发生在每年的雨季，集中在降水量较大的6—9月，此时正值果实膨大后期至果实成熟期，高温高湿的环境条件为病原菌的繁殖和传播提供了有利条件。感病后，果实表面最初出现水浸状小斑，随后病斑逐渐扩大并呈现黑色，病斑边界清楚，在病斑上常有白色霉状物出现，扩展期病斑边缘呈水渍状，随病情发展果实未成熟便掉落^[2-3]。相关研究表明，炭疽菌(*Colletotrichum gloeosporioides*)、拟茎点霉(*Phomopsis* sp.)、束梗尾孢菌(*Pseudocercospora*)、毛色二孢菌(*Lasiodiplodia theobromae*)、大五隔孢丽赤壳菌(*Calonectria pentaseptata*)等均会引起此类病害，且存在地域性差异^[4-5]。因此，针对澳洲坚果黑果病的药剂防治研究显得尤为重要。

蒋桂芝等^[4]通过比较不同药剂对澳洲坚果黑果病的防治效果，发现多菌灵、咪鲜胺、戊唑醇等对黑果病防效较好的药剂。Akinsanmi 等^[6]通过对澳大利亚东海岸的澳洲坚果进行研究认为，害虫、日晒、冰雹等因素对坚果果实表面的磨蚀损害使其易受感染。Drenth 等^[7]通过对澳大利亚昆士兰州和新南威尔士州种植的澳洲坚果进行研究认为，黑果病防治主要依靠在坚果发育早期施用杀菌剂，多菌灵或波尔多液及其他铜制剂在澳大利亚使用较多。在云南省德宏州，多菌灵广泛使用于坚果林地，与甲基硫菌灵同为苯并咪唑类杀菌剂，具有交互抗性；乙蒜素广泛用于防治坚果叶片病害，通常与多菌灵、咪鲜胺等药剂混合施用，也能调节植物生长，增强抗病性^[8]。目前在德宏州坚果林地中常覆盖透明或黑色PE薄膜用于防草，同时也具有保温、保水功能。

本研究通过分析澳洲坚果目标林地土壤养分基本状况、病害发生程度，比较喷施多菌灵+甲基硫菌灵、地面等量撒施多菌灵、撒施甲基硫菌灵、附加增喷乙蒜素、增施植物保护膜、撒施生石灰、地面覆盖塑料薄膜等措施对澳洲坚果黑果病的防治效果，为防治澳洲坚果黑果病探索更为高

效、经济合理的防治措施。

1 材料和方法

1.1 研究区概况

试验地位于云南迪思企业集团坚果有限公司莲花山澳洲坚果基地(云南省德宏州盈江县)(24° 44' 49" N, 97° 54' 35" E)。该地属南亚热带季风气候，海拔930 m，雨量充沛，年平均降雨量1 552 mm，集中于夏秋季，气候温和，年均气温18.4~20.0 °C，土壤为红壤与砖红壤之间的过渡类型。该基地澳洲坚果种植年限较长(25年以上)，主要品种为‘O.C’及‘HAES344’，种植密度大，缺乏修剪，林地较为荫蔽，黑果病发病严重。

1.2 土壤理化性质测定

2022年7月于莲花山澳洲坚果基地实验样地，采用“S”形5点取样法采集树冠投影处0~20 cm土层土样混合样，参考《土壤农化分析》实验方法^[9]，对土壤pH、有机质、水解氮、有效磷、速效钾、交换性钙、交换性镁、有效铜、有效锌、有效铁、有效锰、有效硼等12个常规理化指标进行分析。土壤pH利用pH计测定，有机质含量采用重铬酸钾外加热法测定，水解氮含量采用碱扩散法测定，有效磷含量用钼锑抗比色法测定，速效钾含量用火焰光度计法测定，交换性钙含量与交换性镁采用EDTA滴定法测定，有效铜与有效锌采用HCl浸提-AAS法测定，有效铁用氢氧化铵法测定，有效锰用NH₄OAc浸提-KMnO₄比色法测定，有效硼用沸水浸提甲亚胺比色法。养分分级标准参考杨丽萍等^[10]的研究。

1.3 大田防效试验

1.3.1 供试药剂

50%多菌灵可湿性粉剂由江苏省新沂市中港农药化工有限公司提供、50%甲基硫菌灵可湿性粉剂由日本日友商社(香港)有限公司提供，乙蒜素由开封大地农化生物科技有限公司提供，因可瑞植物保护膜由因可瑞生物产品有限公司提供。

药剂使用浓度：喷施50%多菌灵可湿性粉剂600倍液、50%甲基硫菌灵可湿性粉剂600倍液，1:1配比，每次约1.5 kg/667 m²。撒施50%多菌灵

及 50% 甲基硫菌灵可湿性粉剂, 每次约 0.75 kg/667 m², 加上细土 20 kg 拌匀。80% 乙蒜素乳油剂 2 000 倍液, 每次约 20 mL/667 m²。因可瑞植物保护膜兑水稀释 100 倍, 每次用量约 200 g/667 m²。

1.3.2 试验设计

于 2022 年 6 月 21 日至 8 月 27 日收果前进行大田防效试验。试验面积 2 hm², 设 3 种施药方式, 4 种附加处理(表 1), 各处理均在施药前清除病果、病叶。以‘O.C’与‘HAES344’做为试验观察对象, 每个处理调查 5 株树, 每棵树选取中下部 3 个枝条约 30 个果进行挂牌调查, 共调查 80 株。6 月 23

日开始试验, 7 月 1 日进行初次调查, 至 8 月 25 日收果前进行最后一次调查。喷药选择晴天, 整株树冠均匀喷施, 每间隔 7~10 d 喷 1 次, 连续喷 3 次。撒施为根部施药, 于树冠内均匀撒施, 附加处理与喷施药剂同时进行。

生石灰于澳洲坚果树冠滴水线下开 20 cm 沟撒施(并与土壤混匀)。塑料薄膜覆盖处理时, 先整理果园, 破除较高、粗硬的杂草, 修理排水沟, 再根据地形情况将塑料薄膜覆盖在地面, 以尽可能减少雨水渗透到地面。乙蒜素和植物保护膜与多菌灵+甲基硫菌灵处理同等条件下进行喷施。

表 1 澳洲坚果黑果病防治试验处理

处理	施药方式	附加处理
CK	喷施水	无
A	喷施多菌灵+甲基硫菌灵	无
B	喷施多菌灵、甲基硫菌灵, 撒多菌灵粉剂	无
C	喷施多菌灵、甲基硫菌灵, 撒甲基硫菌灵粉剂	无
D	喷施多菌灵+甲基硫菌灵	喷施乙蒜素
E	喷施多菌灵+甲基硫菌灵	喷施植物保护膜
F	喷施多菌灵+甲基硫菌灵	撒施生石灰 1 kg/株
G	喷施多菌灵+甲基硫菌灵	覆盖塑料薄膜

1.4 数据分析

采用 Excel 2016 软件整理数据, SPSS 26.0 软件进行数据统计处理, 对有显著差异($P < 0.05$)的处理采用 Duncan's 新复极差法进行多重比较。

果实病情分级标准: 0 级, 果上无病斑; 1 级, 病斑占果面积 $\leq 1/6$; 3 级, $1/6 <$ 病斑占果面积 $\leq 1/5$; 5 级, $1/5 <$ 病斑占果面积 $\leq 1/4$; 7 级, 病斑占果面积 $> 1/4$ 。

$$\text{发病率} (\%) = \frac{\text{调查感病果数}}{\text{调查总果数}} \times 100$$

$$\text{病情指数} = \frac{\sum (\text{各级病果数} \times \text{相对级数})}{\text{调查总果数} \times 7} \times 100$$

$$\text{防治效果} (\%) = (1 - \frac{\text{处理病情指数}}{\text{对照病情指数}}) \times 100$$

2 结果与分析

2.1 林地土壤理化性质

为确定该区域病害严重是否与土壤养分贫瘠有关, 对莲花山澳洲坚果基地试验区的土壤理化

情况进行调查, 结果见表 2。总体来看, 该林地土壤 pH 偏低, 可能影响树势并导致抗病力下降。土壤有机质、水解氮及铜、锌、锰元素含量处于适宜种植的养分范围内, 有效磷含量过高(适宜范围为 10~20 mg/kg), 速效钾含量偏低(适宜范围为 100~150 mg/kg), 但未达到缺乏的程度, 交换性钙含量分布不均匀且总体缺乏(适宜范围为 > 500 mg/kg), 交换性镁与有效硼含量整体缺乏(适宜范围分别为 > 100 mg/kg 和 1~2 mg/kg)。

2.2 大田防治效果

该林地‘O.C’品种整体挂果量较‘HAES344’的大, 枝叶密度也较大。未施药处理(CK)的两个澳洲坚果品种有半数以上的果实受害, 最高发病率为 59.81%。不同药剂试验结果表明(表 3), A 处理(喷施多菌灵+甲基硫菌灵)防治效果最好, 最高达 85.30%, 发病指数仅 8.24。改变施药方式的 B 处理(地面撒施多菌灵)与 C 处理(地面撒施甲基硫菌灵)防效均显著低于 A 处理, 分别为 27.59%~66.64% 和 63.99%~72.22%。其中 B 处理

对‘HAES344’品种的防治效果最差,仅为27.59%,发病率达到41.44%。

不同附加处理试验结果(表4):与A处理相比,E处理(附加喷施植物保护膜)的发病率、发病指数、防治效果无显著性差异,防治达到80%以上;F处理(附加撒施生石灰)对‘HAES344’品种

的防效显著降低,仅为71.08%,但对‘O.C’品种仍有较好的防治效果,达到81.90%;D处理(附加喷施乙蒜素)、G处理(附加覆盖塑料薄膜)两种附加处理均显著降低了药剂的使用效果,F处理对两个品种的药效降低程度最大,对‘O.C’品种防治效果仅为50.41%,发病率达27.81%。

表2 莲花山澳洲坚果林地土壤养分基本情况

项目	数值	项目	数值
pH	4.77±0.34	交换性镁/(mg·kg ⁻¹)	5.27±2.74
有机质/(g·kg ⁻¹)	29.54±6.59	有效铜/(mg·kg ⁻¹)	1.35±0.56
水解氮/(mg·kg ⁻¹)	120.21±20.15	有效锌/(mg·kg ⁻¹)	3.51±1.35
有效磷/(mg·kg ⁻¹)	111.75±36.20	有效铁/(mg·kg ⁻¹)	26.66±8.38
速效钾/(mg·kg ⁻¹)	90.73±11.68	有效锰/(mg·kg ⁻¹)	43.30±13.22
交换性钙/(mg·kg ⁻¹)	149.05±178.59	有效硼/(mg·kg ⁻¹)	0.36±0.06

表3 不同施药方式对澳洲坚果黑果病的防治效果

处理	发病率/%		发病指数		防治效果/%	
	‘O.C’	‘HAES344’	‘O.C’	‘HAES344’	‘O.C’	‘HAES344’
CK	52.72±10.50a	59.81±11.21a	52.72±10.50a	56.03±17.65a	—	—
A	13.39±11.08c	13.20±3.63c	9.04±6.84c	8.24±4.98c	82.85±12.97a	85.30±8.89a
B	20.92±14.33bc	41.44±28.67b	17.58±15.74b	40.57±27.91a	66.64±29.86b	27.59±16.01c
C	18.98±11.62b	26.40±4.70c	18.98±11.62b	15.56±6.55b	63.99±22.03b	72.22±11.69b

注:不同小写字母表示同列数据间显著性差异($P<0.05$),下同。

表4 不同附加处理对澳洲坚果黑果病的防治效果

处理	发病率/%		发病指数		防治效果/%	
	‘O.C’	‘HAES344’	‘O.C’	‘HAES344’	‘O.C’	‘HAES344’
A	13.39±11.08bc	13.20±3.63b	9.04±6.84b	8.24±4.98b	82.85±12.97a	85.30±8.89a
D	27.81±11.90a	22.40±13.60a	26.14±12.51a	21.49±12.03a	50.41±23.73b	61.64±21.46b
E	12.80±6.57c	8.93±5.61b	9.80±5.72b	8.93±5.61b	81.41±19.23a	83.06±23.97a
F	11.17±8.93c	16.20±11.39a	9.54±7.32b	16.20±11.39a	81.90±20.17a	71.08±20.32b
G	22.00±12.08ab	14.22±10.00ab	20.91±11.19ab	13.38±11.03ab	60.33±21.23b	76.13±19.68b

3 结论与讨论

试验结果显示,在雨季时期若不进行防控,发病较重区域的澳洲坚果黑果病发病率可达到50%以上。施用多菌灵+甲基硫菌灵对澳洲坚果黑果病均能达到一定防治效果:除‘HAES344’地面撒施多菌灵的防效仅为27.59%外,其余防治效果均在50.41%~85.30%;喷施多菌灵+甲基硫菌灵、附加撒施生石灰、附加植物保护膜的防治效果较好,三者间无显著差异。

黑果病病原微生物在土壤中广泛存在^[11]。

在试验中减少喷施药剂改为等量撒施却降低了防治效果,可能是因为撒施容易受到气候环境等外界因素的干扰,且药效释放时间较长所致。在前期研究中,张颖等^[12]对杨树溃疡病根系-根际土壤微生态环境的研究表明,其存在有效抗病电容和酶环境,治理非根系病害时,直接向土壤中施用大量农药可能会改变这一平衡,使得植株更易感病。向月琴等^[13]通过研究多菌灵的降解动态及其对土壤微生物影响,多菌灵等药剂降解速度快,土壤病原微生物能够短时间内恢复。这也可能是本试验撒施药剂防效较差的原因。

在附加措施的试验中,和正常喷施多菌灵+甲基硫菌灵相比,附加施用乙蒜素显著降低了对黑果病的防治效果。罗冬兰等^[14]研究表明乙蒜素对黑果病病原菌有较强的抑制作用,但周艳丽^[16]认为乙蒜素与其他药剂混合使用时,药剂类型和配比对药效有较大影响。因此,在用于澳洲坚果防治时其适配浓度、剂型、配比还需要进一步探究。王平等^[16]研究认为,植物保护膜在苹果煤污病防治中有较好效果,且优于施用甲基硫菌灵。但本试验附加植物保护膜并没有显著提升对黑果病的防治效果,这可能与植物保护膜主要防止病原菌从外部入侵果实,而黑果病原菌可能已经存在于植株体内。黑果病防治的难点在于连续阴雨天气缺乏施药的时机,药效易受雨水影响,在能够正常用药的情况下使用植物保护膜增加了用药成本。李玲等^[17]认为撒施石灰能减少魔芋病害,抑杀病菌。但本试验附加撒施生石灰(调节土壤pH值表面杀菌)并没有显著降低黑果病发病率和提高防治效果,土壤酸碱度可能对黑果病发生程度的影响较小。附加地膜未达到预想的使水流加速流走以减少渗入地下水量的效果。王俊等^[18]认为,地膜起到保持林地土壤的温湿度的作用,反而利于病原菌生长扩散,影响防治效果。

此外,土壤养分调查发现,试验样地土壤磷元素含量远高于澳洲坚果适宜种植范围,钙、镁、硼等元素缺乏。值得注意的是澳洲坚果对磷元素需求较低,高磷可能会抑制坚果排根的发生,不利于其生长发育^[19]。

综上所述,在本试验中喷施防效优于撒施,与正常喷施药剂相比,附加措施都不同程度降低了防效,未来还需进一步探讨更加高效合理的综合施药方法。根据试验结果,建议病害发生较重的澳洲坚果果园,减少磷肥施用,增强树势;果园管理中积极修剪间伐、雨季及时排水,降低果园湿度;在晴天关键时期用药,减少病害带来的损失。

参考文献:

- [1] 吴榕榕,康专苗,郭广正. 我国不同地区澳洲坚果品质研究进展[J]. 农技服务,2024,41(9):92-96.
- [2] 蒋桂芝,周程,李子强,等. 澳洲坚果黑果病病原鉴定及防治药剂毒力测试[J]. 热带农业科技,2019,42(1):25-29.
- [3] 蒋卓恩. 广西澳洲坚果病害调查及防治[D]. 南宁:广西大学,2020.
- [4] 蒋桂芝,王康,李学斌,等. 盈江澳洲坚果黑果病病原鉴定及防治药剂室内筛选[J]. 热带农业科技,2022,45(3):30-34.
- [5] 蒋桂芝,何双凌,岳海,等. 澳洲坚果褐腐病的病原菌鉴定及生物学特性[J]. 植物保护,2020,46(2):107-111.
- [6] AKINSANMI OA, DRENTH A. Characterisation of husk rot in macadamia[J]. Annals of Applied Biology, 2017, 170(1):104-115.
- [7] DRENTH A, AKINSANMI OA, MILES AK. Macadamia diseases in Australia[J]. Southern African Macadamia Growers' Association, 2009, 17:48-52.
- [8] CHEN Z, HONG Z, DING R, et al. Determination and dynamics of ethylicin residues in cotton-field ecosystem[J]. Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology, 2012, 89(4):853-856.
- [9] 鲍士旦. 土壤农化分析[M]. 第3版. 北京:中国农业出版社,2000.
- [10] 杨丽萍,岳海,何双凌,等. 云南澳洲坚果园土壤和叶片养分评价[J]. 热带作物学报,2021,42(8):2269-2274.
- [11] 吴文霞,陈帅飞. Calonectria真菌在中国桉树上的分布和危害[J]. 桉树科技,2019,36(4):43-49.
- [12] 张颖. 调控根系一根际土壤微生态环境控制寄主主导性病害的初步研究[D]. 北京:中国林业科学研究院, 2001.
- [13] 向月琴,高春明,庞国辉,等. 土壤中多菌灵的降解动态及其对土壤微生物群落多样性的影响[J]. 土壤学报, 2008, 45(4):699-704.
- [14] 罗冬兰,瞿光凡,李江阔,等. 蓝莓低温贮藏期致腐病原菌的分离鉴定及生物杀菌剂筛选[J]. 北方园艺,2024(3):85-92.
- [15] 周艳丽. 壬菌铜与乙蒜素增效复配制剂研究[D]. 杨凌:西北农林科技大学,2014.
- [16] 王平,张韵. 植物保护膜对苹果煤污病的防治效果[J]. 落叶果树,1999(1):7-8.
- [17] 李玲,李胜. 调节土壤酸碱度控制魔芋病害试验研究[J]. 黑龙江粮食,2024(4):67-69.
- [18] 王俊,李凤民,宋秋华,等. 地膜覆盖对土壤水温和春小麦产量形成的影响[J]. 应用生态学报,2003,14(2):205-210.
- [19] 岳海,何双凌,耿建建,等. 澳洲坚果低磷适应特征分析[J]. 西部林业科学,2020,49(1):65-72,98.