

云南省马铃薯粉痂病的发生与危害调查分析

赵彬¹, 刘霞¹, 丰加文², 陈吉³, 斯纳七皮⁴, 张宽华⁵,
杨雄⁶, 李贵吉⁷, 杨俐⁸, 和平根⁹, 卢春玲¹⁰, 杨艳丽^{1*}

- (1. 云南农业大学植物保护学院, 昆明 650201; 2. 云南省曲靖市马龙区农业技术推广中心, 曲靖 655100;
3. 云南省昭通市昭阳区农业技术推广中心, 昭通 657000; 4. 云南省迪庆州农业科学研究所, 迪庆 674400;
5. 云南省大理白族自治州剑川县农业技术推广中心, 大理 671300; 6. 云南省大理州农业科学院, 大理 671000;
7. 会泽县驾车乡农业技术推广站, 曲靖 654218; 8. 大理市植保检站, 大理 671003;
9. 云南省丽江市农业科学研究所, 丽江 674100; 10. 云南省文山市农业技术推广站, 文山 663000)

摘要 粉痂病严重影响马铃薯的产量和品质, 是我国马铃薯产业健康发展的重要制约因素之一。为进一步探明马铃薯粉痂病在云南省的发生、分布及危害情况, 本研究于2018年—2019年, 在云南省内马铃薯不同生态种植区, 开展了马铃薯粉痂病的发生与危害情况调查。调查范围涉及19个县(区)、涵盖了19个当地马铃薯主栽品种(系)。调查结果显示: 粉痂病在云南发生普遍, 发病率在0%~51.72%, 平均发病率和病情指数分别为15.01%和5.32。其中春作区马铃薯粉痂病的发生较为普遍, 平均发病率为25.08%, 病情指数为8.24。冬作区马铃薯粉痂病在部分产区有发生, 平均发病率为4.93%, 病情指数为2.39。与2004年—2008年云南省粉痂病调查数据相比, 粉痂病发病率下降, 病害有所减轻。

关键词 主产区; 粉痂病; 发病率; 病情指数; 病害调查

中图分类号: S 435.32 **文献标识码:** A **DOI:** 10.16688/j.zwbh.2019721

Occurrence and damage of potato powdery scab caused by *Spongospora subterranea* f. sp. *subterranea* in Yunnan province

ZHAO Bin¹, LIU Xia¹, FENG Jiawen², CHEN Ji³, SINA Qipi⁴, ZHANG Kuanhua⁵,
YANG Xiong⁶, LI Guiji⁷, YANG Li⁸, HE Pinggen⁹, LU Chunling¹⁰, YANG Yanli^{1*}

- (1. College of Plant Protection, Yunnan Agricultural University, Kunming 650201, China; 2. Agricultural Technology Extension Center, Malong District, Qujing City, Yunnan Province, Qujing 655100, China; 3. Agricultural Technology Extension Center, Zhaoyang District, Zhaotong City, Yunnan Province, Zhaotong 657000, China; 4. Diqing State Agricultural Science Institute, Yunnan Province, Diqing 674400, China; 5. Jianchuan Agricultural Technology Extension Center, Dali Bai Autonomous Prefecture, Yunnan Province, Dali 671300, China; 6. Dali State Academy of Agricultural Sciences, Yunnan Province, Dali 671000, China; 7. Jiache Agricultural Technology Extension Station, Huize County, Qujing 654218, China; 8. Dali Plant Protection and Inspection Station, Dali 671003, China; 9. Lijiang Agricultural Science Institute, Yunnan Province, Lijiang 674100, China;
10. Wenshan Agricultural Technology Extension Station, Yunnan Province, Wenshan 663000, China)

Abstract Powdery scab seriously affects the yield and quality of potato, which is an important factor restricting the healthy development of China's potato industry. To further ascertain the occurrence of potato powdery scab and distribution in Yunnan province, the occurrence and damage of potato powdery scab were investigated in different ecological planting areas of potatoes in Yunnan province in 2018—2019. The survey covered 19 counties (districts) and 19 local potato cultivars (lines). The results showed that powdery scab was common in Yunnan, with an incidence between 0%—51.72% and an average incidence and disease index of 15.01% and 5.32,

收稿日期: 2019-12-27

修订日期: 2020-02-20

基金项目: 国家重点研发计划(2018YFD0200808); 云南省现代农业马铃薯产业技术体系(2019KJTX003)

* 通信作者 E-mail: 843151872@qq.com

respectively. Among them, the occurrence of potato powdery scab in spring crop area was relatively common, with an average incidence of 25.08% and the disease index of 8.24. Winter crop area powdery scab of potato occurred in some areas, with the average incidence of 4.93% and the disease index of 2.39. Compared with 2004–2008 survey data of powdery scab disease in Yunnan province, the incidence of powdery scab disease has decreased and the disease become lighter.

Key words main producing area; powdery scab; incidence; disease index; disease survey

云南省马铃薯的种植面积和总量均居全国前 4 名,是我国 4 个千万吨级马铃薯生产大省之一。马铃薯作为云南省重要的农作物,种植面积仅次于玉米和水稻^[1-2]。云南省马铃薯种植区域划分为 3 个区:1)滇东北、滇西北马铃薯大春一季作区,该区主要集中于滇东北、滇西北高原,海拔 1 900 ~ 3 000 m,包括曲靖市、昭通市、丽江市、迪庆州、怒江州及大理州,以及昆明的部分县,种植面积约占云南省马铃薯种植面积的 63.32%。2)滇中马铃薯多季作区,该区位于云南中部,海拔 1 600 ~ 2 000 m,包括昆明市、玉溪市、保山市、楚雄彝族自治州和大理州的部分县区等,其中秋作面积约 4 万 hm²,约占云南省马铃薯种植面积的 7.14%。3)滇南、滇西南马铃薯冬播一季作区,该区海拔多为 1 600 m 以下,包括文山州、红河州、临沧市、普洱市、德宏州、西双版纳州,以及玉溪市的部分县区,占比约为全省马铃薯总面积的 13.25%^[3]。随着冬季农业的开发,在云南热带河谷、亚热带坝区形成冬季马铃薯种植区,将马铃薯生产区域南移到最南端,扩大了马铃薯栽培、生产的适宜范围,从而形成了云南马铃薯多季生产、周年供应的高原低纬特色。土传病害也随马铃薯的周年种植扩散开来,尤以粉痂病(potato powdery scab)为代表,该病害影响马铃薯的质量,特别是对鲜食型马铃薯影响很大,是云南省马铃薯种薯和商品薯生产的主要病害之一^[4]。

马铃薯粉痂病是由马铃薯粉痂菌 *Spongospora subterranea* f. sp. *subterranea* 引起的真菌性土传病害,主要危害马铃薯的块茎和根部,是温带地区马铃薯普遍发生的病害^[5]。目前,马铃薯粉痂病在世界各大洲均有分布,其中在欧洲分布最为广泛,发病最严重。在中国,自 1957 年在福建、福州发生了马铃薯粉痂病之后,内蒙古、广东、甘肃、江西、浙江、湖南、湖北、贵州、四川、云南等省(自治区)相继有马铃薯粉痂病发生^[3]。

余光海等^[6]于 2005 年在云南省会泽县开展了不同品种、不同土壤及不同海拔种植区马铃薯粉痂

病发病程度的调查,共涉及不同海拔高度的 4 个乡镇),8 个马铃薯品种。其中海拔 2 700 m 的驾车乡发病率最高,4 个乡镇的平均发病率均超过 50%。惠娜娜等于 2009 年在甘肃省选择具有代表性的 7 个地区进行马铃薯窖藏期粉痂病调查,在渭源县会川试验田调查发现,一般田块马铃薯粉痂病病薯率在 5%~20%,重病田病薯率在 90%以上^[7-8]。刘霞^[9]2004 年和 2005 年调查了马铃薯粉痂病在云南省的发病及分布情况,调查区域主要是春作区,包括昭通市、宣威市、会泽县、寻甸县、香格里拉县和丽江市,结果表明‘合作 88’发病最严重,平均发病率为 73.3%;‘米拉’是发病最轻的品种,平均发病率为 13.3%。许春艳^[10]于 2007 年和 2008 年调查了云南省马铃薯冬作区粉痂病的发生情况,显示冬作区粉痂病也普遍发生。

本实验室于 2004 年—2008 年对云南省马铃薯粉痂病进行了病害普查,距今已 10 年之久。云南马铃薯的种植制度、主栽品种以及生产方式发生了较大的改变,为进一步掌握粉痂病在云南省的分布和发生情况,本研究于 2018 年开始调查采集样品,以期明确云南省马铃薯粉痂病的分布及发生情况,以及主要栽培品种的感病情况,为云南省马铃薯土传病害防控提供依据。

1 材料与方法

1.1 调查地点

围绕云南省马铃薯的种植区划,本次病害调查涵盖云南省主要的马铃薯种植区域。因秋作区面积相对较小,本次调查主要分布在春作区和冬作区。

春作区调查区域为昆明市寻甸县,昭通市昭阳区、鲁甸县,曲靖市马龙区、会泽县、宣威市,丽江市玉龙县,大理州洱源县和剑川县,迪庆州香格里拉市。

冬作区包括德宏州芒市、盈江县、梁河县,临沧市云县,大理州南涧县,红河州开远市、石屏县,文山州文山市,玉溪市江川区。

1.2 调查品种

2018 年—2019 年共计调查 19 个品种:‘合作

88’‘丽薯 6 号’‘青薯 9 号’‘宣薯 2 号’‘云薯 105’‘丽薯 7 号’‘云薯 505’‘中甸红’‘滇薯 6 号’‘昭薯 6 号’‘威芋 5 号’‘靖薯 7 号’‘剑川红’‘希森 6 号’‘云薯 104’‘靖薯 6 号’‘云薯 107’‘云薯 304’和‘南甸红’。

1.3 调查方法

在马铃薯收获期,在所选县(区)挑选 2 个主栽马铃薯的乡镇,每个乡镇选取当地主栽品种,采用对角线取样法选取有代表性五点进行调查取样。每个点面积约为 15 m²,随机取 30~50 个块茎记录薯块总数,感病薯块数以及薯块的病级,计算发病率和病情指数。

发病率=(发病薯块数/总薯块数)×100%;

病情指数=
$$\frac{\sum(\text{各级病薯块数} \times \text{各级代表值})}{\text{调查总薯块数} \times \text{最高级代表值}} \times 100.$$

1.4 病害等级记录的标准和方法

粉痂病的分级标准采用欧洲使用的 6 级分级标准^[11]。

1 级:病斑面积占薯块总面积的 1%~2%(平均 1%),2 级:病斑面积占薯块总面积的 2.1%~5%(平均 3.6%),3 级:病斑面积占薯块总面积的 5.1%~10%(平均 7.6%),4 级:病斑面积占薯块总面积的 10.1%~25%(平均 18%),5 级:病斑面积占薯块总面积的 25.1%~50%(平均 37.6%),6 级:病斑面积占薯块总面积的 50%以上(平均 75%)。

2 结果与分析

2.1 云南省 2018 年—2019 年马铃薯粉痂病发生分布情况

滇西北大春一季作区共调查了 10 个县(区),结

果显示都有粉痂病发生(表 1)。

滇南、滇西南马铃薯冬播一季作区调查了 9 个县(区),结果显示除芒市、南涧县、石屏县、云县 4 个县市外,其余地区都有粉痂病发生(表 1)。

总体来说,马铃薯粉痂病在云南省的分布范围较广,春作区、冬作区都有发生,春作区的发生范围较冬作区广。

2.2 不同地区马铃薯粉痂病发生情况

2.2.1 春作区概况

春作区共调查了 10 个县(区),发病率从 11.71%~51.72%不等,平均发病率为 25.08%,病情指数为 8.24。其中丽江市玉龙县的发病最严重,发病率和病情指数分别为 51.72%和 15.15;寻甸县次之,发病率和病情指数分别为 34.08%和 11.14;鲁甸县发病最轻,发病率和病情指数分别为 11.71%和 4.16。调查的区域都有粉痂病发生,可见粉痂病在云南省马铃薯春作区普遍发生(表 1)。

2.2.2 冬作区概况

冬作区共调查 9 个县(区),发病率从 0~23.30%不等。马铃薯粉痂病在冬作区部分产区有发生,平均发病率为 4.93%,病情指数为 2.39。其中文山市的发病率最高,达到 23.30%,病情指数为 11.49;盈江县次之,发病率和病情指数分别为 16.06%和 6.55。梁河县、开远市、江川区 3 地虽有粉痂病发生,但发病率均低于 5%。而芒市、石屏县、南涧县、云县未发现有粉痂病发生。因此在云南省马铃薯冬作区,虽有马铃薯粉痂病发生,但发生区域和强度均明显低于春作区(表 1)。

表 1 云南省马铃薯主要产区粉痂病发生概况

Table 1 Overview of occurrence of powdery scab in main potato producing areas of Yunnan province

主产区 Main producing area	调查地点 Investigation region	海拔高度/m Altitude	发病率/% Incidence	病情指数 Disease index
春作区 Spring crop area	昭通市鲁甸县	2 940	11.71	4.16
	昭通市昭阳区	2 751	11.96	2.41
	曲靖市马龙区	2 250	12.22	4.03
	曲靖市会泽县	2 580	26.78	8.13
	曲靖市宣威市	2 130	27.20	11.60
	大理州洱源县	2 650	23.41	9.15
	大理州剑川县	2 952	32.08	9.78
	丽江市玉龙县	2 889	51.72	15.15
	香格里拉市	3 282	19.65	6.83
	昆明市寻甸县	2 500	34.08	11.14
春作区平均 Spring crop area average			25.08	8.24

续表 1 Table 1(Continued)

主产区 Main producing area	调查地点 Investigation region	海拔高度/m Altitude	发病率/% Incidence	病情指数 Disease index
冬作区 Winter crop area	德宏州芒市	928	0.00	0.00
	德宏州梁河县	1 108	0.48	0.36
	德宏州盈江县	831	16.06	6.55
	红河州开远市	1 450	3.64	2.27
	红河州石屏县	1 469	0.00	0.00
	大理州南涧县	1 460	0.00	0.00
	临沧市云县	1 069	0.00	0.00
	玉溪市江川区	1 820	0.85	0.85
	文山州文山市	1 355	23.30	11.49
冬作区平均 Winter crop area average			4.93	2.39
云南省平均 Yunnan province average			15.01	5.32

2.3 马铃薯不同品种发病情况

2.3.1 春作区不同品种发病情况

春作区调查的 17 个马铃薯品种(系)均感染马铃薯粉痂病,发病率从 4.44%~38.53%不等。其中‘剑川红’发病最严重,其发病率和病情指数分别为 38.53%和 15.58;其次是‘丽薯 7 号’,发病率和病情指数分别为 37.88%和 12.07。发病最轻的是‘宣薯 2 号’,发病率为 4.44%,病情指数为 4.44(表 2)。

2.3.2 冬作区不同品种发病情况

冬作区调查的 4 个马铃薯品种(系)发病率从 0~23.08%不等。其中‘云薯 304’发病率最高,为 23.08%,病情指数为 10.13。冬作区主栽品种‘合作 88’发病率和病情指数分别为 11.67%和 5.70;而主栽品种‘丽薯 6 号’发病较轻,发病率为 0.89%,病情指数为 0.40。当地品种‘南甸红’没有发病,值得进一步研究(表 2)。

表 2 云南省马铃薯不同品种粉痂病发生情况

Table 2 Occurrence of powdery scab of different potato varieties in Yunnan province

主产区 Main producing area	品种(系) Variety(line)	发病率/% Incidence	病情指数 Disease index
春作区 Spring crop area	合作 88	18.14	5.84
	青薯 9 号	25.48	8.18
	云薯 505	12.89	5.23
	宣薯 2 号	4.44	4.44
	丽薯 6 号	30.50	7.28
	云薯 107	27.37	11.32
	昭薯 6 号	15.90	3.90
	靖薯 7 号	13.00	7.50
	靖薯 6 号	16.00	5.00
	云薯 105	12.94	4.34
	威芋 5 号	13.70	5.06
	云薯 104	13.00	5.33
	滇薯 6 号	27.20	11.60
	丽薯 7 号	37.88	12.07
	中甸红	16.67	7.52
	剑川红	38.53	15.58
	希森 6 号	35.80	21.05
冬作区 Winter crop area	丽薯 6 号	0.89	0.40
	合作 88	11.67	5.70
	云薯 304	23.08	10.13
	南甸红	0.00	0.00

2.3.3 同一品种不同种植区粉痂病发生分析

在春作区和冬作区调查的品种中都有‘合作 88’和‘丽薯 6 号’,其中‘合作 88’在冬作区的发病

率低于春作区,病情指数在两个作区基本一致;‘丽薯 6 号’在冬作区的发病率和病情指数均明显低于春作区。春作区的种薯质量参差不齐,且田间管理和投入

成本低于冬作区。春作区的连作现象较为常见,土壤带菌量高,病害发生率高。冬作区的种薯都是采用外地调种,且冬作区大多都是水旱轮作区,土壤带菌量较少。因此,同一品种在冬作区发病较春作区轻。

2.4 云南省不同年份马铃薯粉痂病发生情况对比分析

2.4.1 春作区发生情况对比分析

对比 2005 年和 2018 年云南省马铃薯春作区粉痂病的调查数据,可以看出 2005 年马铃薯粉痂病的发病率均高于 2018 年。丽江市 2005 年和 2018 年粉痂病的发病率和病情指数都是最高的,但 2018 年

明显低于 2005 年。宣威市和寻甸县两年的粉痂病发生情况基本一致,但病情指数略有升高。昭阳区、会泽县、香格里拉市 3 个地区发病率和病情指数均大幅度下降(表 3)。

两次调查中均有的品种‘合作 88’‘中甸红’和‘滇薯 6 号’,其发病率和病情指数 2018 年较 2005 年呈明显下降趋势,其中‘合作 88’发病率下降幅度最大,下降 55.16 百分点,病情指数下降 17.66;‘滇薯 6 号’发病率下降 26.3 百分点,病情指数下降 3.16;‘中甸红’发病率下降 20.43 百分点,病情指数下降 0.70(表 4)。

表 3 2005 年和 2018 年马铃薯粉痂病发生情况比较

调查地点 Investigation region	2005		2018	
	发病率/% Incidence	病情指数 Disease index	发病率/% Incidence	病情指数 Disease index
昭阳区 Zhaoyang district	58.20	14.10	11.96	2.41
会泽县 Huize county	62.00	16.00	26.78	8.13
宣威市 Xuanwei city	27.40	4.85	27.20	11.60
寻甸县 Xundian county	37.00	9.18	34.08	11.14
丽江市 Lijiang city	69.90	17.60	51.72	15.15
香格里拉市 Shangri-la city	35.30	7.89	19.65	6.83

表 4 2005 年和 2018 年同一马铃薯品种粉痂病发生情况比较

品种 Variety	2005		2018	
	发病率/% Incidence	病情指数 Disease index	发病率/% Incidence	病情指数 Disease index
合作 88 Hezuo 88	73.30	23.50	18.14	5.84
滇薯 6 号 Dianshu 6	53.50	14.76	27.20	11.60
中甸红 Zhongdianhong	37.10	8.22	16.67	7.52

从调查地点和调查品种的发病情况对比来看,现在大多数地区和品种的发病情况有了较大幅度的降低。这很可能与以下几个方面相关:第一,种薯质量的提升。目前云南省马铃薯的种薯质量有了很大幅度的提升,基本形成具有高原特色的云南脱毒马铃薯种薯繁育体系。云南省农业科学院经济作物研究所建立了核心种苗库,向全省提供核心种苗。以云南英茂集团大理种业、云薯公司、高原公司等为代表的企业生产原原种。以庆华专业合作社、青松种业为代表的专业合作生产一级种薯。这些种薯生产单位向全省生产和销售合格种薯,种薯不带菌,可以很好地降低土传病害的发生。第二,主栽抗病品种的应用。以前的主栽品种‘米拉’‘会薯 2 号’‘PB04’‘威芋 3 号’‘丽薯 1 号’等现在只在局部地区有种植,而抗病品种‘丽薯 6 号’种植面积扩大,年种

植面积近 20 万 hm²,感病品种‘合作 88’的种植面积由原来的近 33.33 万 hm² 降低到年种植面积不足 20 万 hm²。第三,栽培技术的提高。现在云南推广的高垄双行种植技术较之前的平播技术在水肥管理方面有了较好提高,不利于粉痂病菌游动孢子在土壤中的传播;与豆类、禾谷类作物轮作的观念也逐渐进入种植户中,能够实现短期轮作。第四,种薯处理技术的提升。在发病较严重的地块进行薯块的处理,通常采用福尔马林、磷酸铜、生物拌种剂等处理薯块来降低种薯带菌,从而减轻新生薯块受粉痂病菌侵染的程度。第五,加强技术培训工作。农业农村部“基层农技推广体系改革与建设补助项目”的实施,云南省现代农业马铃薯产业技术体系的技术支持,云南省科技厅种业重大专项实施等,加强了科技培训和示范的力度,科技投入起到了很好的作用,助

推减轻土传病害的发生。

2.4.2 冬作区 2008 年和 2018 年不同马铃薯品种粉痂病发病情况分析

2008 年云南省马铃薯冬作区主要集中在德宏州,故当年的调查地点只涉及德宏州。至 2018 年,除德宏州外,云南省冬作区马铃薯种植区域又逐步扩大到红河州、文山州、大理州、临沧市和玉溪市等。

对比 2008 年和 2018 年马铃薯粉痂病在德宏州发病情况可以看出,德宏州 2008 年马铃薯粉痂病的发病率为 91.87%,2018 年的发病率为 7.61%,马铃薯粉痂病发病率大幅度下降(表 5)。

2008 年德宏州‘中甸红’发病率和病情指数最高,分别为 97.70%和 83.14;‘合作 88’发病率和病情指数最低,分别为 88.80%和 47.26。2018 年德宏州‘云薯 304’发病率和病情指数最高,分别为 23.07%和 10.26,最低是‘丽薯 6 号’和‘南甸红’,发病率为 0。

对比两次的调查结果,‘合作 88’依旧是德宏州的主栽品种,2018 年‘合作 88’的发病率是 7.37%,病情指数是 4.47,较 2008 年下降了 81.43 个百分点和 42.79。

表 5 德宏州冬作区 2008 年和 2018 年不同马铃薯品种粉痂病发病情况对比

Table 5 Comparison of incidence of powdery scab of different potato varieties in winter crop areas of Dehong prefecture in 2008 and 2018

调查年份 Investigation year	调查品种 Investigation variety	发病率/% Incidence	病情指数 Disease index
2018	合作 88	7.37	4.47
	丽薯 6 号	0.00	0.00
	云薯 304	23.07	10.26
	南甸红	0.00	0.00
平均 Mean		7.61	3.68
2008 ^[10]	合作 88	88.80	47.26
	爱德 53	89.10	39.67
	中甸红	97.70	83.14
平均 Mean		91.87	56.67

目前云南省冬季马铃薯的主栽品种主要为‘合作 88’和‘丽薯 6 号’等,相比之前的主栽品种只有‘合作 88’,进一步增加了抗病品种的应用。粉痂病的远距离传播途径主要是病薯和病土,冬作区的种薯都是采用外地调种,随着种薯质量的提升,病薯的带菌率下降,很大程度上减少了病害的传播。此外冬作马铃薯的收益较春作明显,0.067 hm² 收益近

5 000 元,种植冬马铃薯的投入也较高,农户基本使用全程植保服务理念,种植管理水平也较高。

因此,云南冬作马铃薯产区优质种薯的使用切断了粉痂病菌的远距离传播,绿色高产高效栽培技术的推广应用和水旱轮作降低了粉痂病的发生,进一步凸显了科技的贡献力。

3 讨论

云南省无论从纬度、山区生态类型和气候条件,都很适合马铃薯生长。云南省传统的马铃薯主产区是滇东北和滇西北的春播区域,滇南和滇西南随着冬季农业开发和科技进步,种植面积迅速扩大,成为冬季马铃薯的重要产区^[1]。随着云南省马铃薯产业的发展,种植区域在逐渐扩大,尤其是冬闲田的开发,冬季马铃薯的种植面积进一步增加,马铃薯粉痂病也随之传播至冬作区。

马铃薯粉痂病是一种土传和种传病害,休眠孢子囊在土壤中可以存活 4~5 年,最长可存活 20 年。马铃薯粉痂病的病原菌很难离体培养,并且存留在土壤中很难被杀死,这就给粉痂病的防治工作带来很多困难。

马铃薯是无性繁殖的农作物,由于农民长期自留种薯、种植户之间相互换种薯和连续多年种植等原因,易造成马铃薯种性退化、品种混杂、带病毒和病菌严重,最终导致马铃薯产量降低和品质下降。选育具有强劲市场竞争力的马铃薯品种和生产出相应的健康种薯是解决该问题的关键。云南省制定并颁布了脱毒马铃薯种薯生产技术规程。目前云南省开展马铃薯育种的单位主要有 12 家,基本形成具有高原特色的云南脱毒马铃薯种薯繁育体系,种薯周年生产由核心种苗、原原种、原种和一级种生产构成,极大地提高了种薯质量。云南省马铃薯的栽培模式多样化,高垄双行栽培、玉米套作马铃薯、甘蔗套种马铃薯等栽培模式对控制病害的发生起到积极的作用。

4 结论

本文通过田间调查明确了马铃薯粉痂病在云南省的分布与发生情况。马铃薯粉痂病在云南省 15 个马铃薯主产区普遍发生、分布广泛,在多数地区危害较轻,局部地区危害较重,该病平均发病率为 15.01%,病情指数为 5.32,其中春作区马铃薯粉痂

病的发生较为普遍,平均发病率为 25.08%,病情指数为 8.24。冬作区马铃薯粉痂病在部分产区有发生,平均发病率为 4.93%,病情指数为 2.39。与 10 年前相比,目前云南省马铃薯粉痂病发生危害程度大幅降低。

参考文献

- [1] 杨艳丽. 云南马铃薯生产技术案例与评价[M]. 北京: 科学出版社, 2018; 1-22.
- [2] 桑月秋, 杨琼芬, 刘彦和, 等. 云南省马铃薯种植区域分布和周年生产[J]. 西南农业学报, 2014, 27(3): 1003-1008.
- [3] 杨艳丽. 云南马铃薯产业技术与经济研究[M]. 北京: 科学出版社, 2016; 15-31, 134-170.
- [4] 刘霞, 杨艳丽, 罗文富. 云南省马铃薯粉痂病发生情况初步研究[J]. 植物保护, 2006, 32(3): 63-67.

- [5] 张智芳, 杨海鹰, 云庭, 等. 几种化学药剂处理对马铃薯粉痂病的防治效果[J]. 中国马铃薯, 2016, 30(3): 175-180.
- [6] 余光海, 黄吉会, 付兆聪, 等. 云南省会泽县马铃薯粉痂病发生情况调查分析初报[J]. 中国植保导刊, 2008(11): 21-22.
- [7] 惠娜娜, 李继平, 李建军, 等. 甘肃省马铃薯窖藏期粉痂病的初步调查[J]. 中国蔬菜, 2009(21): 24-25.
- [8] 惠娜娜, 李继平, 王立, 等. 土壤中马铃薯粉痂病菌的简易检测方法[J]. 中国蔬菜, 2012(10): 80-82.
- [9] 刘霞. 云南省马铃薯粉痂病病原及分布研究[D]. 昆明: 云南农业大学, 2006.
- [10] 许春燕. 云南冬作马铃薯粉痂病发生情况及粉痂菌的定量检测[D]. 昆明: 云南农业大学, 2008.
- [11] MERZ U. Infectivity, inoculum density and germination of *Spongopora subterranea* resting spores; a solution-culture test system [J]. Bulletin OEPP, 1989, 19: 585-592.

(责任编辑: 杨明丽)

(上接 188 页)

- [17] 王彩霞, 李兴红, 魏艳敏, 等. 引起葡萄叶斑病的链格孢种类的初步鉴定[J]. 植物保护学报, 2019, 46(1): 175-183.
- [18] 方中达. 植病研究方法[M]. 第 3 版. 北京: 中国农业出版社, 1998.
- [19] WHITE T J, BRUNS T, LEE S, et al. Amplification and direct sequencing of fungal ribosomal RNA genes for phylogenetics [M]//PCR protocols: A guide to methods and applications. Academic, New York, Academic Press, 1990; 315-322.
- [20] TEMPLETON M D, RIKKERINK E A, SOLON S L, et al. Cloning and molecular characterization of the glyceraldehyde-3-phosphate dehydrogenase encoding gene and cDNA from the plant pathogenic fungus *Glomerella cingulatas* [J]. Gene, 1992, 122(1): 225-230.
- [21] CARBONE I, KOHN L M. A method for designing primer sets for speciation studies in filamentous ascomycetes [J]. Mycologia, 1999, 91(3): 553-556.
- [22] BENSCH K, GROENEWALD J Z, BRAUN U, et al. Common but different: The expanding realm of *Cladosporium* [J]. Studies in Mycology, 2015, 82: 23-74.
- [23] DAMM U, CANNON P F, WOUDENBERG J C. *Colletotrichum boninense* species complex [J]. Studies in Mycology, 2012, 73 (1): 1-36.
- [24] SUZAKI K. Improved method to induce sporulation of *Colletotrichum gloeosporioides*, causal fungus of grape ripe rot [J]. Journal of General Plant Pathology, 2011, 77(2): 81-84.
- [25] GREER L A, HARPER J D, SAVOCCHIA S, et al. Ripe rot of south-eastern Australian wine grapes is caused by two species of *Colletotrichum*: *C. acutatum* and *C. gloeosporioides* with differences in infection and fungicide sensitivity [J]. Australian Journal of Grape and Wine Research, 2011, 17(2): 123-128.

- [26] PENG Lijuan, SUN Tao, YANG Youlian, et al. *Colletotrichum* species on grape in Guizhou and Yunnan provinces, China [J]. Mycoscience, 2013, 54(1): 29-41.
- [27] 邓维萍, 杨敏, 杜飞, 等. 云南葡萄产区葡萄炭疽病病原鉴定及致病力分析[J]. 植物保护学报, 2013, 40(1): 61-67.
- [28] YAN Jiye, RUVISHIKA S J, ISHANI G, et al. Diverse species of *Colletotrichum* associated with grapevine anthracnose in China [J]. Fungal Diversity, 2014, 71(1): 233-246.
- [29] LIU Mei, ZHANG Wei, ZHOU Ying, et al. First report of twig anthracnose on grapevine caused by *Colletotrichum nymphaeae* in China [J]. Plant Disease, 2016, 100(12): 2530.
- [30] CHAI Ali, ZHAO Yanjie, SHI Yanxia, et al. Identification of *Colletotrichum capsici* (Syd.) Butler causing anthracnose on pumpkin in China [J]. Canadian Journal of Plant Pathology, 2014, 36(1): 121-124.
- [31] CHENG B P, HUANG Y H, PENG A T, et al. First report of leaf and fruit spot of *Citrus reticulata* Blanco cv. NianJu caused by *Colletotrichum truncatum* in China [J]. Plant Disease, 2014, 98(3): 422.
- [32] DIAO Yongzhao, ZHANG Can, LIN Dong, et al. First report of *Colletotrichum truncatum* causing anthracnose of tomato in China [J]. Plant Disease, 2014, 98(5): 687.
- [33] GUO L W, WU Yixin, HO H H, et al. First report of dragon fruit (*Hylocereus undatus*) anthracnose caused by *Colletotrichum truncatum* in China [J]. Journal of Phytopathology, 2013, 162(4): 272-275.
- [34] CASIERI L, HOFSTETTER V, VIRET O, et al. Fungal communities living in the wood of different cultivars of young *Vitis vinifera* plants [J]. Phytopathologia Mediterranea, 2009, 48(1): 73-83.

(责任编辑: 杨明丽)