

甘肃省马铃薯主要病毒病发生情况调查

齐恩芳^{1,2,3}, 刘石^{1,2,3}, 贾小霞^{1,2,3}, 文国宏^{1,2,3},
吕和平^{1,2,3}, 黄伟^{1,2}, 高彦萍¹

(1. 甘肃省农业科学院马铃薯研究所, 兰州 730070; 2. 甘肃省马铃薯种质资源创新工程实验室, 兰州 730070;
3. 农业部西北旱作马铃薯科学观测实验站, 甘肃 748201)

摘要 2015年—2016年,在甘肃省10个地市24个马铃薯主栽县(区)146个生态区域(乡镇)采集了757份具有典型症状的马铃薯样品,应用DAS-ELISA法进行检测,筛查6种主要病毒(PVX、PVY、PLRV、PVA、PVS和PVM)。结果表明:631份样品检测到病毒,PVS的检出率最高,达47.03%,PVY次之,为33.82%,PVA最低,只有0.63%;发生复合感染的病毒主要为PVY+PVS,复合感染率达到10.13%,三种病毒复合感染主要是PVY+PVS+PVM;病毒种类和感病程度与品种、地域有关。

关键词 马铃薯; 病毒病; 调查鉴定

中图分类号: S 435.32 **文献标识码:** A **DOI:** 10.16688/j.zwbh.2017341

Investigation and analysis of important potato viral diseases in Gansu Province

QI Enfang^{1,2,3}, LIU Shi^{1,2,3}, JIA Xiaoxia^{1,2,3}, WEN Guohong^{1,2,3},
LÜ Heping^{1,2,3}, HUANG Wei^{1,2}, GAO Yanping¹

(1. *Potato Research Institute, Gansu Academy of Agricultural Sciences, Lanzhou 730070, China*; 2. *Gansu Engineering Laboratory of Potato Germplasm Resources Innovation, Lanzhou 730070, China*; 3. *Scientific Observing and Experimental Station of Potato Dry Farming in Northwest China, Ministry of Agriculture, Gansu 748201, China*)

Abstract 757 potato samples with virus-like symptoms were collected from 146 different ecological regions (villages and towns) in 24 potato main planting counties and districts which are affiliated to 10 cities and prefectures in Gansu Province. All samples were tested for the presence of six viruses (PVX, PVY, PLRV, PVA, PVS and PVM) by DAS-ELISA in this study. A total of 631 samples were shown to be infected with virus, of which 47.03% were infected with PVS, and 33.82% with PVY. Two or three viruses were detected from some potato plants, and the combination infection of PVY and PVS was the main type with the highest infection rate of 10.13%, and the mixed-infection of PVY, PVS and PVM was the main type of infection containing three kind of virus. The type of virus and disease susceptibility were related to the potato varieties and potato growing regions.

Key words potato; virus disease; investigation

马铃薯是甘肃省第三大粮食作物,栽培历史悠久,在保障全省粮食供给和促进农业农村经济发展中占有重要地位。马铃薯营养丰富、全面,可作为粮、菜、饲兼用和工业加工原料,经济效益好。马铃薯在甘肃省大部分县区都有种植,因其适应性强,耐瘠薄,易于种植,特别是营养丰富、全面,被誉为“救命蛋”、“致富蛋”、“营养蛋”^[1],被作为解决农民温饱 and 脱贫致富奔小康的一条主要途径。近年来甘肃省

马铃薯种植区域和规模不断扩大,年播种面积稳定在66.67万hm²左右,占全省三大粮食作物总播种面积的36%。然而,甘肃省马铃薯产量水平还很低,而马铃薯病毒是引起数量损失(减产)最为重要的原因^[2-5]。

病毒病可引起马铃薯品质下降,产量逐年降低,甚至绝产。已报道的在田间条件下能侵染马铃薯的病毒多达30种以上^[6-7]。在中国对马铃薯危害比较

收稿日期: 2017-09-04 修订日期: 2017-10-12

基金项目: 国家自然科学基金(31360353);甘肃省农业科学院农业科技创新专项计划(2017GAAS39);甘肃省农业生物技术与应用开发项目(GNSW-2014-13, GNSW-2016-15);国家重点研发计划(2017YFD0201600, 2017YFD0201602-4)

联系方式 E-mail: qefang@126.com

严重的主要有马铃薯 X 病毒(PVX)、马铃薯 Y 病毒(PVY)、马铃薯 S 病毒(PVS)、马铃薯 A 病毒(PVA)、马铃薯 M 病毒(PVM)以及马铃薯卷叶病毒(PLRV)^[8-9]。由于马铃薯为无性繁殖作物,病毒除直接感染马铃薯使之感病外,更重要的是病毒在马铃薯块茎内积累导致种性退化,产量逐年降低。研究证明马铃薯病毒病可引起马铃薯减产 30%~50%^[10]。此外,马铃薯病毒经常混合侵染,混合侵染可造成 80%以上的产量损失,有些还会严重影响块茎品质和商品性^[11-12]。

了解马铃薯病毒病的危害情况及病原种类,是开展马铃薯研究、抗病育种、品种布局以及保证脱毒种薯质量的必要前提。因此,对甘肃省马铃薯病毒进行普查具有十分重要的现实意义。目前,关于甘肃地区马铃薯病毒病的报道还不多,有关马铃薯病毒的种类、分布及危害情况还缺乏系统深入的调查和研究。为了解马铃薯病毒病在甘肃的发生和分布,明确引起马铃薯病毒病的病毒种类,2015 年—2016 年对甘肃省马铃薯主要产区病毒病的发生情况进行了全面的调查和系统的鉴定,在两年的时间里共采集具典型症状的样品 757 份,并进行了病毒检测。旨在为健全脱毒种薯的质量控制体系,控制马铃薯种薯的退化,提高马铃薯产量,有针对性地制定病毒病综合防控策略提供依据。

1 材料与方 法

1.1 样品采集

样品采自甘肃省 24 个县(区)的马铃薯主产区,包括定西市的安定区、通渭县、渭源县、临洮县、岷县;临夏州的东乡县、积石山县;庆阳市的华池县、环县;陇南市的武都区、西和县、礼县;白银市的靖远县、会宁县;天水市的武山县、秦安县;武威市的古浪县、凉州区;张掖市的民乐县、山丹县;平凉市的静宁县、庄浪县;兰州市的榆中县、永登县。共采集样品 757 份,涉及‘陇薯 3 号’、‘庄薯 3 号’、‘青薯 9 号’、‘克新 1 号’、‘大西洋’、‘新大坪’、‘陇薯 7 号’等种植面积较大的主栽品种。

于 2015 年和 2016 年的 7 月—8 月(盛花期)和 10 月—11 月(收获期)进行采集。盛花期选择该区域内连片面积在 0.667 hm² 以上的地块作为代表性生产田,每块田随机取样,随机采集有花叶、皱缩、矮化等典型症状的马铃薯植株,每个单株上从顶部采集新叶 3~4 片作为一个样本,各样本均密封于样品袋

中,于 4℃ 的冰箱中保存 1~2 d 后做病毒检测。收获期在受调查县(区)选择种植面积 1 333.33 hm² 以上的品种,每个品种至少取 3 个不同生态区域(乡镇)的商品薯,每个生态区域取一份样品,每份样品取 2~3 个薯块进行病毒检测。

1.2 检测

PVX、PVY、PVS、PLRV、PVA 和 PVM 的检测试剂盒购自美国 Agdia 公司,其他化学试剂为分析纯。检测方法参照 Salazar^[2] 的双抗体夹心酶联检测法(DAS-ELISA)。

2 结果与分析

2.1 甘肃省马铃薯主产区病毒病发生情况

对甘肃省马铃薯主产区马铃薯样品进行病毒检测,检测结果显示,马铃薯病毒病在甘肃省发生较为普遍,24 个县(区)采集的 757 份马铃薯叶片及薯块中,126 份为无病毒样品,631 份样品检测出了 PVX、PVY、PVS、PVA、PVM、PLRV,其中以 PVS 的检出率最高,达到了 47.03%;PVY 的检出率次之,达 33.82%;PLRV 和 PVM 的检出率相对较高,达到 13.47%和 15.19%;而 PVX 的检出率相对较低,只有 3.8%;PVA 在甘肃很少发生,仅检测出 5 例,占 0.63%。全省马铃薯病毒检测结果和各地区马铃薯病毒检测结果见表 1~表 3。

表 1 757 份马铃薯样品检测结果

Table 1 Results of potato viruses detection in Gansu Province

病毒种类 Virus type	阳性样品数/份 Number of positive sample	阳性率/% Positive rate
PVX	29	3.80
PVY	256	33.82
PLRV	102	13.47
PVS	356	47.03
PVM	115	15.19
PVA	5	0.63

2.2 甘肃省主产区马铃薯病毒单独侵染和复合侵染情况分析

由表 4 可知,马铃薯病毒单独侵染和复合侵染现象普遍存在,综合看来,单独侵染比复合侵染普遍。PVS 单独侵染率最高,达 20.89%,其次为 PVY,侵染率为 14.56%;PLRV 和 PVM 单独侵染的比率不高,仅有个别样品被这两种病毒单独侵染;在这次调查中,未发现 PVX 和 PVA 单独侵染的马铃薯。复合侵染主要有两种病毒复合侵染和三种病

毒复合侵染,且两种病毒复合侵染比三种病毒复合侵染的现象普遍。普遍发生的是 PVY+PVS,侵染率达到 10.13%,其次是 PVS+PVM 和 PVX+PLRV,侵染率分别为 5.7%和 3.2%,三种病毒复合侵

染主要是 PVY+PVS+PVM,侵染率为 2.85%。较少有四种病毒复合侵染,发现的有 PVX+PVY+PLRV+PVS 和 PVY+PLRV+PVS+PVM,但侵染率都很低,均为 0.32%。

表 2 甘肃省马铃薯主栽区病毒病检测结果

Table 2 Potato viruses detection in various areas in Gansu

采样地点 Sampling spot	检测样品总数/份 Total sample number	检出病毒样品数/份 Detected number						
		PVX	PVY	PLRV	PVS	PVM	PVA	
庆阳 Qingyang	环县(小南沟、芦家湾、毛井、南湫、甜水、罗山、洪德、四合源、山成、耿湾、秦团、虎洞)	54	6	15	9	27	0	3
	华池(柔远、山庄、乔川、城壕、淮安、上里塬、悦乐、五蛟、紫坊、元城、白马)	36	0	9	3	15	0	0
平凉 Pingliang	静宁(古城、三合、四河、雷大、界石铺、曹务、司桥、灵芝、高界井沟村、东湾)	93	0	15	10	32	17	0
	庄浪(庄浪县、通化乡韩湾村)	61	0	7	17	29	28	0
张掖 Zhangye	山丹(陈户、霍城、清泉、大马营、位奇)	18	0	15	0	3	0	0
临夏 Linxia	积石山(安集红坪、居集甘藏、胡林家大庄、郭干大杨家)	12	0	6	0	6	3	0
陇南 Longnan	武都(鱼龙、安化、龙凤)	9	0	5	0	6	0	0
	礼县(石桥谷岭、雷王阳坡、北关苟山、宽川双崖、洮坪下坪、湫山上坪、宽川镇、冯庄村、石桥镇、汉阳村)	27	1	16	3	11	6	0
	西和(姜席五集、河坝安谷、何坝铁古、河坝马寨、苏合、牟山)	77	4	31	5	55	31	2
武威 Wuwei	古浪(黄羊川、横梁、海子滩、永丰滩、泗水、黄花、军乡)	27	0	24	9	9	0	0
兰州 Lanzhou	永登(平城、民乐、武胜驿、树屏、龙泉寺、大同)	27	0	6	3	18	0	0
	榆中(中连川、甘草店、清水驿)	33	5	4	9	16	1	0
白银 Baiyin	会宁(丁沟南门、新添沙湾、老君柳岔、刘寨陈庄、会师西岩、会师南十、会师稍岔、白源九百户、河畔宋坪、会师郭城)	48	0	24	18	15	3	0
	靖远(若莅曹岷、北滩中滩)	6	0	6	3	3	0	0
定西 Dingxi	通渭(北城、马营、华岭)	27	3	6	6	9	6	0
	安定(团结、内官、石泉、高峰、香泉、西巩驿、凤翔镇、岷口、宁远、杏园、鲁家沟、李家堡、宁原镇斜川村、西川镇)	104	3	50	8	52	14	0
	渭源(会川、北寨、五竹)	24	0	15	0	3	0	0
	岷县(榆川、西江、十里镇、岷阳、四沟乡、麻子川、秦许)	27	7	7	0	15	3	0
	临洮(站滩、苗背)	12	0	1	2	3	3	0
天水 Tianshui	秦安(王甫郭加魏店、王甫云山兴丰、中山永坪王营、中山乡刘箕村、下陈村、兴丰镇兴丰村、中山镇胡崖村、王尹镇付山村)	22	0	3	2	23	0	0
	武山(龙台青山、马力付门、榆盘梁沟、马力高山、滩哥柴庄)	15	0	5	0	6	0	0

表 3 甘肃省各地区不同马铃薯病毒所占比例

Table 3 Percentages of different virus in Gansu main potato production areas

采样地点 Sampling spot	检测样品数/份 Detected sample number	所占百分率/% Percentage					
		PVX	PVY	PLRV	PVS	PVM	PVA
庆阳 Qingyang	90	6.67	26.67	10.00	46.67	0.00	3.33
平凉 Pingliang	154	0.00	14.81	16.67	40.74	27.78	0.00
张掖 Zhangye	18	0.00	83.33	0.00	16.67	0.00	0.00
临夏 Linxia	12	0.00	50.00	0.00	50.00	25.00	0.00
陇南 Longnan	113	4.23	46.48	7.04	63.38	32.39	1.41
武威 Wuwei	27	0.00	88.89	33.33	33.33	0.00	0.00
兰州 Lanzhou	60	8.33	16.67	20.83	58.33	4.17	0.00
白银 Baiyin	54	0.00	55.56	38.89	33.33	5.56	0.00
定西 Dingxi	194	6.25	33.75	8.75	42.50	13.75	0.00
天水 Tianshui	37	0.00	20.00	5.00	75.00	0.00	0.00

表 4 马铃薯病毒单独和复合侵染率

Table 4 Infection rate of single virus and mixed virus in potatoes

病毒 Virus	侵染率/% Infection rate	病毒 Virus	侵染率/% Infection rate	病毒 Virus	侵染率/% Infection rate
PVX	0	PVY+PLRV	2.22	PLRV+PVS+PVM	1.58
PVY	14.56	PVY+PVS	10.13	PVY+PLRV+PVS	1.90
PLRV	3.16	PVY+PVM	0.95	PVY+PLRV+PVM	0.32
PVS	20.89	PLRV+PVS	1.27	PVY+PVS+PVM	2.85
PVM	3.80	PLRV+PVM	0.63	PVY+PVS+PVA	0.32
PVA	0	PVS+PVM	5.70	PVX+PVS+PVM	0.32
PVX+PLRV	3.2	PVS+PVA	0.32	PVX+PVY+PLRV+PVS	0.32
PVX+PVS	1.9	PVX+PVY+PVS	0.95	PVY+PLRV+PVS+PVM	0.32

2.3 甘肃省不同地区马铃薯病毒病发生情况分析

对不同地区马铃薯生产田病毒的检测结果(图 1)表明,不同地区的病毒种类和马铃薯感染程度都不同。陇南地区发生 6 种病毒,兰州和定西地区发生 5 种病毒,庆阳、平凉和白银发生 4 种病毒,天水、临夏、武威发生 3 种病毒,而张掖地区只有 2 种病毒发生。分析各病毒的发生程度,发现 PVY 在甘肃河西地区(张掖、武威)发病最为严重,检出率达到 80%以上;在临夏、陇南、白银发病也较严重,检出率在 50%左右,在定西检出率为 33%,其他地区 PVY 检出率都低于 30%;PVS 在张掖地区发病较轻,检出率仅为 16.67%,其他地区都普遍发生,陇南、天水发病较严重,检出率达到 60%以上;PVM 在平凉、陇南、临夏发病较严重,检出率达到 30%左右,在兰州、白银、定西发生较轻;PLRV 在白银发病最严重,检出率达到 38%,其次是武威,达到 33%;PVX 发

病较轻,在兰州、定西、庆阳、陇南有少量发生,检出率都在 10%以下;PVA 个别发生,在这次调查的 10 个生态区,仅在庆阳和陇南发现 5 例。

2.4 甘肃主栽品种对马铃薯病毒病抗性分析

甘肃省种植面积较大的品种主要有‘陇薯 3 号’、‘庄薯 3 号’、‘青薯 9 号’、‘克新 1 号’、‘大西洋’、‘新大坪’、‘陇薯 7 号’、‘陇薯 10 号’、‘陇薯 6 号’等,栽培面积都在 1 333.33 hm² 以上。马铃薯不同品种间对马铃薯病毒病的抗性差异较大(表 5),‘大西洋’和‘陇薯 3 号’对 PVY 表现高度感病,‘庄薯 3 号’对 PVM 表现高度感病;‘大西洋’仅对 PVY 和 PLRV 表现感病,‘新大坪’对 PVX、PVY、PVS 表现感病,而其他品种会感染 4~5 种以上病毒,‘陇薯 10 号’对 6 种病毒都表现感病;其中‘青薯 9 号’抗病毒能力较强,虽然检测到 5 种病毒,但侵染率都较低。

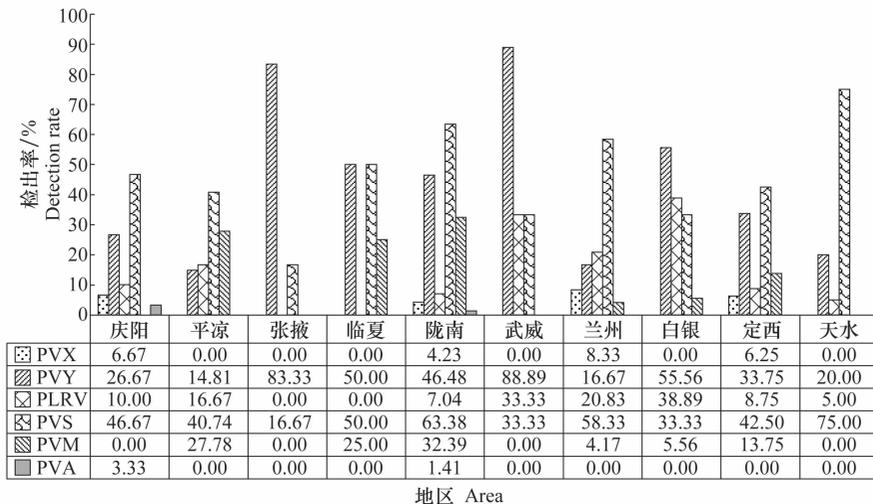


图 1 甘肃省不同地区马铃薯生产田病毒发生比较

Fig. 1 Virus disease incidence in different potato fields in Gansu

表 5 6 种病毒对不同品种的侵染率比较

Table 5 Virus infection rate of different potato varieties in Gansu

品种 Variety	侵染率/% Infection rate					
	PVX	PVY	PLRV	PVS	PVM	PVA
陇薯 3 号	2.44	87.80	12.20	51.22	14.63	0
陇薯 6 号	0	55.56	22.22	66.67	27.78	0
陇薯 7 号	2.44	9.76	9.76	48.78	12.20	0
青薯 9 号	2.27	2.27	20.45	25.00	9.09	0
大西洋	0	100.00	20.00	0	0	0
克新 1 号	0	56.25	37.50	31.25	0	6.25
新大坪	15.38	61.54	0	76.92	0	0
陇薯 10 号	11.54	34.62	11.54	46.15	3.85	3.85
庄薯 3 号	9.09	6.06	9.09	31.00	93.94	0

3 讨论

近年来,甘肃省马铃薯产业发展迅速,然而在当前的马铃薯生产中,病毒病发生普遍而严重,成为制约马铃薯产业持续、健康、高效发展的主要障碍。目前对我国马铃薯生产危害较大的 6 种病毒,在甘肃的马铃薯生产中均有不同程度发生。本次调查涉及甘肃省 10 个地市 24 个马铃薯主栽县区 146 个不同生态区域(乡镇),共采集到 757 个马铃薯样品。通过田间调查,发现马铃薯病毒病的主要症状是花叶、畸形、黄化、卷叶和坏死。经病毒鉴定,PVA 发生较少,其他 5 种病毒在甘肃马铃薯上均有分布,其中 PVY 和 PVS 分布最广,危害最重。

地理环境、气候条件不同,会导致病毒种类和马铃薯感病程度发生很大的差异,而品种抗病毒能力与马铃薯退化相关,抗病力强的品种,发病较轻,退化不严重,抗病力弱的品种发病重,退化比较严重。刘波微等^[13]对‘大西洋’等 7 个品种进行田间病毒病抗性鉴定,认为马铃薯不同品种对病毒病的抗性差异较大。本研究通过调查甘肃省种植面积在 1 333.33 hm² 以上的马铃薯品种,发现不同品种对马铃薯病毒病的抗性差异较大,‘大西洋’对 PVX、PVM、PVS、PVA 具有田间抗性,对 PLRV 表现中抗,但对 PVY 没有抗性;除了‘大西洋’,其他品种对 PVS 都表现中高度感病,特别是‘新大坪’,PVS 检出率达到 76.92%;在甘肃发现的 5 例 PVA,被侵染的品种是‘克新 1 号’和‘陇薯 10 号’。以上结果说明不同品种感染病毒种类和感染程度有一定差异,这种差异可能与品种抗病毒能力相关,也可能是种苗不干净造成的某个病毒较高,要准确评价品种间抗性差别,还需进一步开展品种抗性鉴定试验。总之,脱毒技术可以生产无病毒

或低病毒的种薯,保证品种的产量和品质不受影响,但是脱毒技术本身存在着成本高、难度大、脱毒后易重新感染病毒等问题,尤其是抗病毒能力差的品种脱毒后重新感病是严重干扰生产的重要原因之一,因此在选择用于脱毒的种薯薯源时,不但要注重其产量和质量,也应将品种抗病毒病的能力列为重要的选择指标。

种薯质量控制也是降低病毒感染率的有效措施。高艳玲等^[14]对我国马铃薯主产区病毒病调查结果表明,马铃薯试管苗 PVS 病毒发生较多,而且原原种和大田种薯 PVY 病毒发生比例也较高。也有学者研究发现我国马铃薯主产区生产的各级脱毒种薯的部分样品中仍然能检测出马铃薯病毒^[15-17]。可见,种薯质量仍然是马铃薯生产中一个不可回避的问题。因此,应进一步严把种薯质量关。应针对甘肃省种薯繁育单位重组培快繁、轻病毒检测的现状,强调脱毒种薯繁育过程中的病毒检测,及时剔除带毒试管苗和带毒种薯,从而有效地控制种薯质量。

本次病毒病调查发现,部分在田间表现植株矮化、叶片皱缩或黄化等类似病毒病症状的植株,经过病毒检测,并不含 PVX、PVM、PVS、PVY、PLRV、PVA 这 6 种主要病毒。由此可见,在甘肃发生的病毒病已不仅仅是这 6 种病毒,可能还有其他病毒的存在,同时我们在调查中也发现了一种广泛存在的症状:马铃薯植株徒长,顶部叶片紫色并卷曲,露出土表的马铃薯部分长出很多枝芽并长出许多匍匐枝,土表下的马铃薯块茎发芽并生出气生薯。经云南省农业科学院专家鉴定并查阅相关文献,类似于植原体引起的马铃薯病害,具体检测结果还有待分子生物学等其他病毒检测方法的验证。RT-PCR、荧光定量 PCR 等分子生物学检测方法是近年发展

起来的检测马铃薯病毒的更加准确的方法,而在甘肃却没有建立相应的检测体系。因此,应尽快在甘肃建立分子生物学检测马铃薯病毒病的体系,对甘肃省马铃薯其他病毒病开展全面调查和系统鉴定,以便更全面地了解甘肃省马铃薯病毒病的种类及发展趋势。

参考文献

[1] 陆立银,文国宏,胡新元,等. 甘肃马铃薯食物消费与主食化思考[C]//2016年中国马铃薯大会论文集. 哈尔滨:哈尔滨地图出版社,2016:85-90.

[2] SALAZAR L F. 马铃薯病毒及其防治[M]. 谢开云,译. 北京:中国农业科技出版社,2000.

[3] 谷爱仙. 马铃薯病毒病及其防治[J]. 植物医生,1998,11(5):11-12.

[4] 郭志乾,董凤林. 马铃薯病毒性退化与防治[J]. 中国马铃薯,2004,8(1):48-49.

[5] 吴尔福. 植物病毒及其防治[M]. 北京:中国科学技术出版社,1996.

[6] GEBHARDT C, VALKONEN J P T. Organization of genes controlling disease resistance in the potato genome [J]. Annual Review of Phytopathology, 2001, 39(1): 79-102.

[7] WANG B, MA Y L, ZHANG Z B, et al. Potato viruses in

China [J]. Crop Protection, 2011, 30(9): 1117-1123.

[8] 李芝芳. 中国马铃薯主要病毒图鉴[M]. 北京:中国农业出版社,2004.

[9] 库尔斯塔克. 植物病毒比较诊断指南[M]. 裴美云,译. 北京:农业出版社,1991.

[10] 黄萍,何庆才,颜谦. 马铃薯不同级别脱毒种薯病毒再侵染情况及产量变化[J]. 贵州农业科学,2008,36(4):39-40.

[11] SOLOMON-BLACKBURN R M, BARKER H. Breeding virus resistant potatoes (*Solanum tuberosum*): A review of traditional and molecular approaches [J]. Heredity, 2001, 86(1): 17-35.

[12] KERLAN C. Potato viruses [M]//VAN REGENMORTEL M H V, MAHY B W J. Desk encyclopedia of plant and fungal virology. Academic Press, 2008: 458-471.

[13] 刘波微,谢章英,彭化贤,等. 不同脱毒马铃薯品种的田间抗病病毒病表现与产量关系[J]. 西南农业学报,2008,21(4):1002-1005.

[14] 高艳玲,张威,白艳菊,等. 马铃薯主产区病毒病发生情况调查分析[J]. 植物保护,2011,37(8):60-65.

[15] 白艳菊,文景芝,杨明秀,等. 西南地区与东北地区马铃薯主要病毒病发生比较[J]. 东北农业大学学报,2007,38(6):733-736.

[16] 范国权,白艳菊,高艳玲,等. 中国马铃薯主要病毒病发生情况调查与分析[J]. 东北农业大学学报,2013,44(7):74-79.

[17] 张威,白艳菊,高艳玲,等. 马铃薯主产区病毒病发生情况调查[J]. 黑龙江农业科学,2010(4):71-73.

(责任编辑:杨明丽)

(上接 150 页)

[15] WIKINSON J D, DAUGHERTY D M. The biology and immature stages of *Bradysia impatiens* (Diptera: Sciaridae)[J]. Annals of the Entomological Society of America, 1970, 63(3): 656-660.

[16] KEATES S E, STURROCK R N, SUTHERLAND J R. Populations of adult fungus gnats and shore flies in British Columbia container nurseries as related to nursery environment, and incidence of fungi on the insects [J]. New Forests,1989,3:1-9.

[17] BRAUN S E, SANDERSON J P, WRAIGHT S P. Larval *Bradysia impatiens* (Diptera: Sciaridae) potential for vectoring *Pythium* root rot pathogens [J]. Ecology and Epidemiology, 2012, 102(3): 283-289.

[18] MARÍN-CRUZ V H, CIBRIÁN-TOVAR D C, MÉNDEZ-MONTIEL J T, et al. Black fungus gnats *Lycoriella ingenua* (Dufor, 1989) and *Bradysia impatiens* (Johannsen, 1912) (Diptera: Sciaridae) in *Pinus montezumae* Lamb [J]. Revista Mexicana de Ciencias Forestales, 2015, 6(27): 90-100.

[19] MARÍNCRUZ V H, CIBRIÁNTOVAR D C, MÉNDEZ-MONTIEL J T, et al. Biology of *Lycoriella ingenua* and *Bradysia impatiens* (Diptera: Sciaridae)[J]. Madera y Bosques, 2015, 21(1): 113-128.

[20] 张爽,张绍勇,赵应苟,等. 异迟眼蕈蚊成虫行为学特征及性信息素初步研究[J]. 应用昆虫学报,2014,51(4):1069-1074.

[21] 刘倩,荀玉萍,刘长仲. 温度对异迟眼蕈蚊生长发育和繁殖的影响[J]. 植物保护,2015,41(5):85-87.

[22] 吴青君,于毅,谷希树,等. 韭菜根蛆的发生危害及综合防治技术研究[J]. 应用昆虫学报,2016,53(6):1165-1173.

[23] 杨集昆,张学敏,杨春清. 贵州省眼蕈蚊科的分类(双翅目:长角亚目)[J]. 昆虫分类学报,1993,15(4):283-311.

[24] 张海松. 用线性化中的加权方法分析 Taylor 幂法则下的种群聚集度[J]. 昆虫知识,1994,31(1):30-32.

[25] 于树,汪景宽,李双异. 应用 PLFA 方法分析长期不同施肥处理对玉米地土壤微生物群落结构的影响[J]. 生态学报,2008,28(9):4221-4227.

[26] 申卫收,林先贵,张华勇,等. 不同施肥处理下蔬菜塑料大棚土壤微生物活性及功能多样性[J]. 生态学报,2008,28(6):2682-2689.

[27] 陈晓芬,李忠佩,刘明,等. 不同施肥处理对红壤水稻土团聚体有机碳、氮分布和微生物生物量的影响[J]. 中国农业科学,2013,46(5):950-960.

[28] 肖婷,陈啸寅,庄义庆,等. 三叶斑潜蝇过冷点和冰点的测定[J]. 西南农业学报,2012,25(4):1289-1293.

[29] 冯惠琴,郑方强. 韭菜发生规律及防治研究[J]. 山东农业大学学报,1987,18(1):71-80.

[30] 梅增霞,吴青君,张友军,等. 韭菜迟眼蕈蚊的生物学、生态学及其防治[J]. 昆虫知识,2003,40(5):396-398.

[31] 周仙红,张思聪,庄乾营,等. 不同栽培模式下韭菜迟眼蕈蚊诱集方法比较[J]. 植物保护,2016,42(1):243-248.

(责任编辑:杨明丽)