

云南省马铃薯主要品种晚疫病抗性评价

卢丽丽¹, 曹继芬², 潘哲超¹, 刘凌云², 赵志坚², 杨琼芬^{1*}

(1. 云南省农业科学院经济作物研究所, 云南 昆明 650205; 2. 云南省农业科学院农业环境资源研究所, 云南 昆明 650205)

摘要: 为了解云南省马铃薯主要品种的晚疫病抗性, 利用云南省马铃薯晚疫病优势生理小种(1.2.3.4.6.7.9.10.11)和超级生理小种(1.2.3.4.5.6.7.8.9.10.11)对云南省马铃薯主要品种进行抗性评价。结果表明, 在供试的20个品种中, 没有对2个供试生理小种表现高抗的品种; 对优势生理小种, ‘云薯304’、‘云薯401’、‘镇薯1号’和‘紫云1号’4个品种表现抗病, ‘合作88’和‘云薯505’表现中抗; 对超级生理小种, 仅‘云薯304’和‘云薯401’分别表现抗病和中抗。云南省种植的马铃薯主要品种中‘会-2’、‘丽薯6号’、‘宣薯2号’和‘青薯9号’对优势小种均已丧失抗性, ‘合作88’仅表现中抗。生产上迫切需要晚疫病抗性且抗性持久的马铃薯新品种, 以减少晚疫病造成的损失。

关键词: 马铃薯; 晚疫病; 抗性; 鉴定

Resistance Evaluation of Main Potato Varieties to Late Blight in Yunnan Province

LU Lili¹, CAO Jifen², PAN Zhechao¹, LIU Lingyun², ZHAO Zhijian², YANG Qiongfen^{1*}

(1. Industrial Crop Research Institute, Yunnan Academy of Agricultural Sciences, Kunming, Yunnan 650205, China;

2. Agricultural Environment and Resource Research Institute, Yunnan Academy of Agricultural Sciences, Kunming, Yunnan 650205, China)

Abstract: Detached leaves from 20 potato varieties were inoculated with the dominant physiological race (1.2.3.4.6.7.9.10.11) and the super physiological race (1.2.3.4.5.6.7.8.9.10.11) of *Phytophthora infestans* in order to determine resistance of different potato varieties to *P. infestans* in Yunnan Province. No variety was found with high resistance to the two races in the 20 varieties tested. For the dominant race, four varieties ('Yunshu 304', 'Yunshu 401', 'Zhenshu 1' and 'Ziyun 1') showed resistance, and two varieties ('Hezuo 88' and 'Yunshu 505') had middle resistance. For the super physiological race, only 'Yunshu 304' and 'Yunshu 401' showed resistance and middle resistance, respectively. In Yunnan Province, most of the main potato varieties cultivated in recent years, such as 'Hui-2', 'Lishu 6', 'Xuanshu 2' and 'Qingshu 9', had lost resistance to the dominant race of *P. infestans*, and 'Hezuo 88' showed only middle resistance. In order to reduce losses from the late blight, it is an urgent need to breed and extend potato varieties with strong and durable resistance to *P. infestans*.

Key Words: potato; late blight; resistance; determination

收稿日期: 2016-02-17

基金项目: 云南省农业科学院经济作物研究所青年基金项目(201401); 国家马铃薯产业技术体系项目(CARS-10-P07); 公益性行业(农业)科研专项(201303018); 云南省技术创新人才培养对象(2014HB060); 云南省应用基础研究计划面上项目(2013FZ152, 2013FB091)。

作者简介: 卢丽丽(1982-), 女, 助理研究员, 硕士, 主要从事马铃薯组培和病害研究。

***通信作者(Corresponding author):** 杨琼芬, 研究员, 主要从事马铃薯种薯和栽培技术研究, E-mail: 524402193@qq.com。

马铃薯晚疫病是由致病疫霉(*Phytophthora infestans*)侵染引起的马铃薯生产上最重要的流行病害,一般年份造成产量损失10%~30%,流行年份损失达50%以上。马铃薯是云南省仅次于玉米和水稻的第3大农作物,分布在16个州市的128个县市区,总种植面积48.58万hm²,总产量950.8万t^[1]。由于云南独特的气候条件,一年四季均有马铃薯种植,为马铃薯晚疫病的发生传播提供了有利条件^[2]。云南省的马铃薯晚疫病主要在大春生产季节发生和流行,这个季节种植的马铃薯占全省马铃薯种植面积的70%以上,晚疫病常年发生危害,造成当地马铃薯生产30%~80%的产量损失,制约了山区经济的发展^[3]。马铃薯晚疫病菌具有明显的生理分化现象,根据对不同抗病基因的致病性可以划分出许多生理小种^[4,5]。云南省马铃薯晚疫病菌群体变异较快,致病性强,可以克服已知的大部分抗性基因,部分地区已经发现了超级生理小种^[6],所以近年来种植的马铃薯主要品种对当前生产中晚疫病菌优势生理小种的抗性和未来的抗病潜力备受关注。本研究对云南省马铃薯主要品种进行了晚疫病的抗性评价和抗病潜力分析,研究结果可为马铃薯品种的合理利用及区域性布局提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 供试材料

1.1.1 供试马铃薯品种

供试品种:‘合作88’、‘会-2’、‘丽薯6号’、‘宣薯2号’、‘青薯9号’、‘云薯401’、‘云薯304’、‘丽薯7号’、‘云薯301’、‘云薯101’、‘云薯201’、‘云薯103’、‘云薯506’、‘紫云1号’、‘镇薯1号’、‘云薯603’、‘丽薯10号’、‘云薯902’、‘云薯505’和‘鄂马铃薯5号’,供试品种脱毒试管苗由云南省农业科学院经济作物研究所保存和扩繁。

对照品种:马铃薯晚疫病菌鉴别寄主‘P11’(含R5基因)和‘P13’(含R8基因)由云南省农业科学院农业环境资源研究所引自英国苏格兰作物研究所(Scottish Crop Research Institute, SCRI);‘Katahdin’(不含已知抗病基因)引自国家种质克山马铃薯试管苗库。

1.1.2 供试菌株

供试菌株为云南马铃薯晚疫病菌优势生理小种1.2.3.4.6.7.9.10.11(编号201407301)和云南马铃薯晚疫病菌超级生理小种1.2.3.4.5.6.7.8.9.10.11(编号201418301),为云南省农业科学院农业环境资源研究所作物疫病实验室鉴定和保存。

1.2 试验方法

1.2.1 供试品种的培育

脱毒试管苗准备:将每个马铃薯品种的脱毒无菌试管苗于MS培养基中分别扩繁20株,置于23~25℃,光照时间15h/d,光照强度2000~3000lx条件下培养20d,使植株高度达到10~15cm备用。

温网室移栽和管理:2015年4月10日,在保护环境下将试管苗移栽到基质深10cm以上,单株平均占地100cm²以上的营养钵中,每个品种移栽10株,常规水肥管理60d备用。

1.2.2 马铃薯晚疫病菌的培养

黑麦培养基制备:黑麦60g/L,蔗糖20g/L,琼脂15g/L,将黑麦常温浸泡48h,打制成浆,去除皮渣,加入糖和琼脂,用蒸馏水定容,三角瓶分装后灭菌待用。

试验菌株培养:将试验用菌株接种于黑麦培养基中,18℃黑暗培养2~3周,备用。

1.2.3 马铃薯晚疫病菌孢子悬浮液制备

用少量无菌水洗脱下黑麦培养基上的晚疫病菌孢子囊,用双层灭菌纱布过滤后置于4℃冰箱中4h以促使游动孢子释放,然后用血球计数板镜检,将孢子浓度调整至1×10⁴个/mL,备用。

1.2.4 接种方法

采用离体叶片接种法^[7]:2015年6月12日,随机摘取供试品种和对照品种植株上最幼嫩充分展开叶片向下的第3至5片复叶,背面向上平铺于保湿盘内,每个叶片主叶脉的左右两侧各接种10μL孢子悬浮液,每个品种设3个重复,每个重复3个叶片,将保湿盘用保鲜膜密封后置于18~20℃的光照培养箱中保湿暗培养8h,次日将光周期调至12h/12h(光照/黑暗),光照强度2000~3000lx。

1.2.5 病害调查方法

接种后第5d调查,先观察马铃薯叶片接种部位症状出现情况,调查具有典型晚疫病症状的大小

适中的各个叶片，测量病斑面积和叶片总面积，计算病斑占叶片总面积的百分比，根据姚裕琪等^[4]

和娄树宝等^[8]的分级标准(表1)，对鉴定的材料进行分级和统计分析。

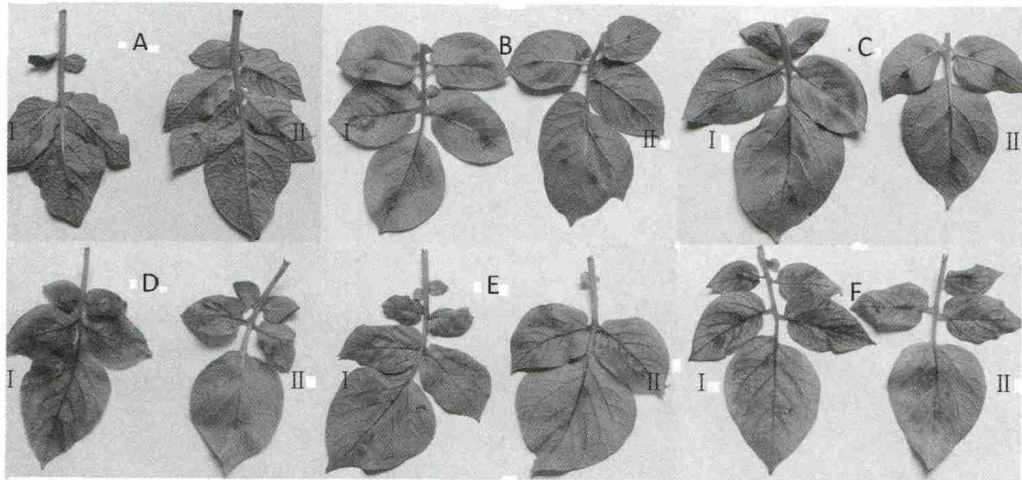
表1 马铃薯离体叶片晚疫病抗性鉴定标准
Table 1 Evaluation criteria for potato resistance to *P. infestans*

抗性类型 Resistant type	病级 Disease grade	发病程度 Disease severity
高抗 High resistance(HR)	1	病斑面积小于3%或无病斑；
抗病 Resistance(R)	2	病斑面积在3%~10%，形成过敏性枯死斑周围无褪绿晕圈和水浸状；
中抗 Middle resistance(MR)	3	病斑面积在10%~30%，周围有褪绿晕圈，病斑表面可见到白色菌丝体；
感病 Susceptible(S)	4	病斑面积在30%~60%，出现明显白色菌丝；
高感 High susceptible(HS)	5	病斑面积大于60%，病斑表面有大量的白色霉状物，有明显腐烂。

2 结果与分析

不同马铃薯品种晚疫病抗性鉴定结果如图1和表2所示。在供试的20个马铃薯品种中，没有发现对2个供试生理小种表现为高抗的品种。对优势生理小种，4个品种抗病，即：‘云薯304’、‘云薯401’、‘镇薯1号’和‘紫云1号’，占供试品种的20%；2个品种中抗，即：‘合作88’和‘云薯505’，占供试品种的10%；其余14个品种均为感病，即：‘会-2’、‘青薯9号’、‘丽薯6号’、‘宣薯2

号’、‘鄂薯5号’、‘云薯101’、‘云薯103’、‘云薯201’、‘云薯301’、‘云薯506’、‘云薯603’、‘云薯902’、‘丽薯7号’和‘丽薯10号’，占供试品种的70%。对超级生理小种表现抗病和中抗的品种各1个，分别为‘云薯304’和‘云薯401’，各占供试品种的10%；14个品种感病，即：‘合作88’、‘会-2’、‘青薯9号’、‘丽薯6号’、‘云薯101’、‘云薯103’、‘云薯301’、‘云薯505’、‘云薯506’、‘云薯603’、‘镇薯1号’、‘紫云1号’、‘丽薯7号’和‘丽薯10号’，占供试品种的70%；



I：超级生理小种 201418301(1.2.3.4.5.6.7.8.9.10.11)；II：优势生理小种 201407301(1.2.3.4.6.7.9.10.11)；A：云薯304 (I，R；II，R)；B：镇薯1号(I，S；II，R)；C：云薯505(I，S；II，MR)；D：合作88(I，S；II，MR)；E：会-2(I，S；II，S)；F：宣薯2号(I，HS；II，S)。
I：Super physiological race 201418301 (1.2.3.4.5.6.7.8.9.10.11)；II：Dominant physiological race 201407301 (1.2.3.4.6.7.9.10.11)；A：Yunshu 304 (I，R；II，R)；B：Zhenshu 1 (I，S；II，R)；C：Yunshu 505 (I，S；II，MR)；D：Hezuo 88 (I，S；II，MR)；E：Hui-2 (I，S；II，S)；F：Xuanshu 2 (I，HS；II，S)。

图1 部分马铃薯品种离体叶片接种晚疫病菌的症状
Figure 1 Disease expansion symptoms of some potato varieties inoculated with *P. infestans*

表2 马铃薯品种离体叶片晚疫病抗性评价
Table 2 Resistance of potato varieties to late blight

品种 Variety	晚疫病菌生理小种 Physiological race of <i>P. infestans</i>	病斑占叶片总面积的百分率(标准差) Disease spot area ratio (standard deviation)	抗性类型 Resistant type	病级 Disease grade
合作 88 Hezuo 88	201418301	56.54%(5.98)	S	4
	201407301	28.85%(4.24)	MR	3
会-2 Hui-2	201418301	43.53%(4.76)	S	4
	201407301	37.73%(4.73)	S	4
青薯 9 号 Qingshu 9	201418301	59.21%(7.90)	S	4
	201407301	40.63%(5.78)	S	4
丽薯 6 号 Lishu 6	201418301	47.20%(7.77)	S	4
	201407301	32.82%(7.02)	S	4
宣薯 2 号 Xuanshu 2	201418301	68.72%(7.65)	HS	5
	201407301	50.95%(7.21)	S	4
鄂马铃薯 5 号 Emalingshu 5	201418301	63.35%(10.54)	HS	5
	201407301	41.71%(8.15)	S	4
云薯 101 Yunshu 101	201418301	42.35%(6.82)	S	4
	201407301	34.20%(6.78)	S	4
云薯 103 Yunshu 103	201418301	58.79%(9.94)	S	4
	201407301	39.42%(6.43)	S	4
云薯 201 Yunshu 201	201418301	62.95%(4.82)	HS	5
	201407301	53.63%(4.75)	S	4
云薯 301 Yunshu 301	201418301	42.19%(4.25)	S	4
	201407301	39.04%(6.42)	S	4
云薯 304 Yunshu 304	201418301	7.54%(4.61)	R	2
	201407301	6.13%(2.88)	R	2
云薯 401 Yunshu 401	201418301	16.03%(5.49)	MR	3
	201407301	5.50%(5.99)	R	2
云薯 505 Yunshu 505	201418301	36.57%(8.08)	S	4
	201407301	11.13%(4.17)	MR	3
云薯 506 Yunshu 506	201418301	46.15%(8.06)	S	4
	201407301	42.95%(7.80)	S	4
云薯 603 Yunshu 603	201418301	45.27%(8.92)	S	4
	201407301	35.85%(7.33)	S	4
云薯 902 Yunshu 902	201418301	62.86%(6.60)	HS	5
	201407301	57.80%(8.72)	S	4
镇薯 1 号 Zhenshu 1	201418301	34.08%(5.41)	S	4
	201407301	3.52%(3.06)	R	2
紫云 1 号 Ziyun 1	201418301	35.47%(5.02)	S	4
	201407301	5.06%(4.05)	R	2
丽薯 7 号 Lishu 7	201418301	54.29%(6.98)	S	4
	201407301	38.95%(5.60)	S	4
丽薯 10 号 Lishu 10	201418301	46.07%(8.22)	S	4
	201407301	34.86%(5.22)	S	4
P11(R5)	201418301	30.04%(3.96)	S	4
	201407301	3.54%(2.00)	R	2
P13(R8)	201418301	30.77%(3.86)	S	4
	201407301	4.58%(1.71)	R	2
Katahdin	201418301	73.44%(10.30)	HS	5
	201407301	64.63%(2.62)	HS	5

4个品种高感, 即: ‘宣薯2号’、‘鄂马铃薯5号’、‘云薯201’和‘云薯902’, 占供试品种的20%。对2个生理小种均存在一定抗性的品种为‘云薯304’和‘云薯401’。对照‘P11’和‘P13’接种优势生理小种表现为抗病, 接种超级生理小种表现为感病, ‘Katahdin’对2个供试小种均表现为高感, 试验结果可靠。

3 讨论

3.1 试验菌株的毒力类型和供试抗病品种基因型推测

2012年, Kim等^[9]报道了马铃薯晚疫病菌生理小种的鉴别寄主‘MaR8’和‘MaR9’为复合抗病基因品系而非以往认为的单基因抗性品系。‘MaR8’和‘MaR9’至少分别存在R3a, R3b, R4, R8四个基因和R1, Rpi-abpt1, R3a, R3b, R4, R8, R9七个基因, 此结论要求必须对部分生理小种的毒力类型进行重新界定。因本试验采用的生理小种1.2.3.4.6.7.9.10.11能克服鉴别寄主‘MaR9’, 所以推测此优势生理小种中Avr8实际上是不存在的, 但根据晚疫病菌生理小种的传统命名方法依然命名为1.2.3.4.6.7.9.10.11, 而实际该小种的毒力类型至少应为1.2.3.4.6.7.8.9.10.11。根据基因对基因学说, 可以推测试验中对优势生理小种表现抗病, 而对超级生理小种表现感病的‘紫云1号’和‘镇薯1号’可能含有晚疫病抗病基因R5, 需要进一步研究验证。

3.2 云南马铃薯主栽品种晚疫病抗病潜力分析

关于云南省马铃薯晚疫病菌生理小种组成和毒性基因变异情况, 许多研究者对2001~2008年云南省部分地区收集的马铃薯晚疫病菌的生理小种组成及毒性基因进行了研究^[2,6,10-14], 云南省马铃薯晚疫病菌的生理小种最多测得了55个毒力类型^[13], 而且优势生理小种的毒性基因结构从简单向复杂转变, 部分地区甚至出现了超级生理小种(毒力类型为: 1.2.3.4.5.6.7.8.9.10.11)^[6,13,14]。云南省农业科学院农业环境资源研究所作物疫病研究室连续多年对全省马铃薯主产区晚疫病发生情况进行普查和晚疫病菌生理小种群变化进行监测, 2013~2014年的监测结果显示毒力类型为

1.2.3.4.6.7.9.10.11的生理小种在各采集点普遍发生, 为优势生理小种。综合云南省马铃薯晚疫病菌多年的研究结果, 生理小种多样性和高度复合性是云南省马铃薯晚疫病菌呈现出的典型特点, 尤其是晚疫病菌超级生理小种的出现, 预示着仅含有R1~R11中单一或少数几个马铃薯晚疫病垂直抗病基因的品种在生产中将逐渐丧失抗病性。

云南省马铃薯的种植呈周年分布状态, 可分为大春、小春、秋作和冬作4个季作。大春占全省马铃薯种植面积的70%以上, 种植地域多分布在高寒山区, 农民的防病意识较差, 是马铃薯晚疫病危害最严重的季节。大春马铃薯主要种植品种有‘会-2’、‘合作88’、‘威芋3号’、‘米拉’、‘宣薯2号’、‘伽玛2号’、‘丽薯6号’、‘青薯9号’、‘滇薯6号’、‘丽薯7号’、‘云薯401’和‘中甸红’等^[15,16], 其中‘会-2’和‘合作88’占种植总面积的45%左右, 并且有下降的趋势, ‘威芋3号’、‘米拉’、‘宣薯2号’、‘滇薯6号’和‘中甸红’种植面积相对稳定, ‘丽薯6号’、‘青薯9号’、‘丽薯7号’和‘云薯401’作为新品种推广面积在逐年扩大。

云南省马铃薯生产上广泛栽培的品种大多是垂直抗性的品种, 且亲缘关系较近。本试验结果显示, ‘会-2’和‘宣薯2号’对优势生理小种已经丧失了抗性, ‘合作88’仅维持在中抗的水平, 2个品种对超级生理小种均无抗性; 目前推广面积逐渐扩大的‘丽薯6号’、‘青薯9号’和‘丽薯7号’对供试2个生理小种均无抗性, 仅‘云薯401’对2个生理小种均存在一定的抗性; 另外, 试验表明‘云薯304’的晚疫病抗性较强, 是所有供试品种中抗性最好的一个。针对各品种在不同地区的晚疫病抗性表现也有研究报道, ‘合作88’在贵州毕节和威宁地区田间评价结果为感病^[17,18], 鲁绍凤等^[15]利用接种多个已知基因型的马铃薯晚疫病菌推导出‘合作88’中含有抗性基因R8, 在本研究中‘合作88’对云南晚疫病优势生理小种仅表现为中抗, 说明R8在云南马铃薯主产区已经丧失了抗性, 此结果和生产上大面积‘合作88’抗性丧失现象一致。另外, ‘青薯9号’在黑龙江室内接种同样表现为感病^[8], ‘宣薯2号’在贵州威宁田间评价亦表现为感病, 而‘会-2’在贵州毕节和威宁

地区田间评价均表现为中抗^[17,18], 各品种因各地马铃薯晚疫病菌生理小种毒力类型不同导致抗性评价结果差异较大, 但总体表现为晚疫病抗性丧失。综合云南马铃薯品种种植现状、晚疫病菌生理小种毒力类型和品种晚疫病抗性分析结果, 现阶段加强推广晚疫病综合防治技术和抗病新品种是保障薯农利益的关键措施, 选育具有晚疫病广谱抗性或水平抗性的马铃薯新品种是解决问题的有效途径。

[参 考 文 献]

- [1] 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.
- [2] 杨艳丽, 罗文富, 国立耘. 云南马铃薯晚疫病菌生理小种的研究 [J]. 植物保护, 2001, 27(4): 3-5.
- [3] 孙茂林, 赵永昌, 李树莲, 等. 云南马铃薯晚疫病的流行及预警系统研究 [J]. 云南大学学报: 自然科学版, 2008, 30(s1): 47-52.
- [4] 姚裕琪, 梁德霖, 梁东超. 内蒙古马铃薯晚疫病菌生理小种的组成及分布 [J]. 内蒙古农业科技, 1996(1): 17-18.
- [5] 黄河, 程汉清, 徐天宇, 等. 我国北部马铃薯晚疫病菌生理小种的发生和变化 [J]. 植物病理学报, 1981, 11(1): 45-49.
- [6] 赵志坚, 李灿辉, 曹继芬, 等. 云南省致病疫霉毒性基因组成及毒力结构研究 [J]. 中国农业科学, 2007, 40(3): 505-511.
- [7] Hooker W. Compendium of potato diseases [M]. Minnesota: American Phytopathology Society, 1981: 40-41.
- [8] 娄树宝, 李庆全, 田国奎, 等. 马铃薯种质资源晚疫病抗性鉴定与评价 [J]. 黑龙江农业科学, 2012(12): 11-13.
- [9] Kim H J, Lee H R, Jo K R, *et al.* Broad spectrum late blight resistance in potato differential set plants MaR8 and MaR9 is conferred by multiple stacked *R* genes [J]. Theoretical and Applied Genetics, 2011, 124(5): 923-935.
- [10] Ryu K Y, Luo W F, Yang Y L, *et al.* Mating type, fungicide sensitivity and physiological race of *Phytophthora infestans* collected from Yunnan Province [J]. Acta Phytopathologica Sinica, 2003, 33(2): 126-131.
- [11] 杨艳丽, 胡先奇, 鲁绍凤, 等. 云南省马铃薯晚疫病菌生理小种的组成与分布 [J]. 华中农业大学学报, 2007, 26(3): 297-301.
- [12] 朱杰华, 杨志辉, 邵铁梅, 等. 中国部分地区马铃薯晚疫病菌生理小种的组成及分布 [J]. 中国农业科学, 2003, 36(2): 169-172.
- [13] 杨素祥. 云南马铃薯晚疫病菌群体的遗传多样性研究 [D]. 昆明: 云南师范大学, 2006.
- [14] 韩彦卿. 马铃薯种质资源对晚疫病菌的抗性评价及致病疫霉 SSR 引物的开发 [D]. 石家庄: 河北农业大学, 2010.
- [15] 鲁绍凤, 杨艳丽, 胡先奇, 等. 云南省马铃薯主栽品种对晚疫病的抗性分析 [J]. 云南农业大学学报, 2006, 21(5): 586-590.
- [16] 姚春光, 张磊, 隋启君. 滇东北大春马铃薯产业情况调研与分析 [J]. 中国马铃薯, 2015, 29(6): 374-377.
- [17] 龙玲, 刘红梅, 熊咏, 等. 毕节地区主栽马铃薯品种对晚疫病的田间抗性评价 [J]. 贵州农业科学, 2009, 37(12): 49-52.
- [18] 颜兴. 马铃薯晚疫病品种抗性监测研究 [J]. 现代农业科技, 2013(15): 141-142.

书

讯

现有《中国马铃薯》杂志 2010, 2011, 2012, 2013, 2014 和 2015 年精装合订本, 中国马铃薯大会论文集 2011 年《马铃薯产业与科技扶贫》, 2012 年《马铃薯产业与水资源高效利用》, 2013 年《马铃薯产业与农村区域发展》, 2014 年《马铃薯产业与小康社会建设》, 2015 年《马铃薯产业与现代可持续农业》和 2016 年《马铃薯产业与中国式主食》, 每本定价 100 元。有需要的读者, 可通过邮局将书款汇至哈尔滨市东北农业大学《中国马铃薯》编辑部, 款到寄书。

联系电话: 0451-55190003