植物遗传资源学报
Journal of Plant Genetic Resources DOI：10.13430/j.cnki.jpgr.20221204001

利用分子标记筛选马铃薯抗孢囊线虫资源

明会[1，2]，蒋伟[1]，刘太红[1]，曾蕊[1]，施运迪[1]，卢丽丽[1]，马永艳[3]，李先平[1]，于德才[2]

（[1]云南省农业科学院经济作物研究所，昆明 650205；[2]云南农业大学植物保护学院，昆明 650201；[3]昭阳区盘河镇农业农村和集体经济发展中心，昭通 657000）

摘要：马铃薯孢囊线虫（PCN，potato cyst nematode）是马铃薯中重要的检疫性病害，可造成马铃薯减产 80%。近年来，据报道西南地区多个马铃薯主产区发现马铃薯金线虫（*Globoderarostochiensis*）。为了我国马铃薯生产安全，筛选马铃薯孢囊抗性种质资源、选育抗性品种迫在眉睫。利用前人报道的抗性分子标记 N146、N195、57R、TG689、Gro1-4-1 和 Gpa2-2，对云南省农业科学院保存的 875 份马铃薯种质资源进行马铃薯孢囊线虫抗性标记筛选。筛选到 211 份资源含有马铃薯金线虫抗性基因 *H1* 分子标记（N146、N195、57R 和 TG689），其中 114 份资源中同时含有 4 个分子标记；7 份资源含有马铃薯金线虫抗性基因 *Gro1-4* 分子标记 Gro1-4-1；237 份资源中含有马铃薯白线虫抗性基因 *Gpa2* 分子标记 Gpa2-2。本研究结果将为马铃薯孢囊线虫抗性育种提供技术支撑和材料基础。

关键词：马铃薯种质资源；孢囊线虫；抗性基因；分子标记；PCN 抗性育种

Molecular Markers Assisted Identification of Potato Resources Resistant to Cyst Nematode Resources

MING Hui[1,2], JIANG Wei[1], LIU Tai-hong[1], ZENG Rui[1], SHI Yun-di[1], LU Li-li[1], MA Yong-yan[3], LI Xian-ping[1], YU De-cai[2]

（[1]Economic Crop Research Institute of Yunnan Academy of Agricultural Sciences，Kunming 650205；[2]College of Plant Protection, Yunnan Agricultural University，Kunming 650201；[3]Agricultural Rural and Collective Economic Development Center of Panhe Town, Zhaoyang District，Zhaotong 657000）

Abstract: Potato cyst nematode (PCN) is an important quarantine disease and its infection can reduce the potato yield up to 80%. In recent years, the potato golden nematode (*Globoderarostochiensis*) was reported in several major producing areas in Southwest of China. In order to ensure the safety of potato production in China, it is urgent to identify germplasm resources with cyst resistance and breed for resistant varieties. Using the molecular markers N146, N195, 57R, TG689, Gro1-4-1 and Gpa2-2 from earlier studies, in this study 875 potato germplasm accessions preserved by Yunnan Academy of Agricultural Sciences were genotyped for resistance genes to potato cyst nematode. 211 accessions were detected with H1 molecular markers (N146, N195, 57R and TG689) amplifying the resistance gene to potato cyst nematodies, of which 114 accessions contained four molecular markers at the same time. Seven

第一作者研究方向为植物病理，E-mail：1782953531@qq.com；蒋伟和刘太红为共同第一作者
通信作者：李先平，研究方向为马铃薯种质资源创制，E-mail：lixping@hotmail.com
于德才，研究方向为植物病理，E-mail：459025316@ qq.com
基金项目：云南省“万人计划”产业技术领军人才项目，云南省重点研发计划（202102AE090019）
Foundation project: Yunnan "Ten Thousand Talents Plan" Industrial and Technical Leading Talents, Key R & D plan of Yunnan Province (202102AE090019)

accessions were identified carrying the resistance gene *Gro1-4*, while 237 resources were found with Gpa2-2 resistance gene *Gpa2*. Collectively, this study provided technical support and material basis for the breeding of potato cyst nematode resistance.

Key words: potato germplasm resources; cyst nematode; resistance gene; molecular marker; PCN resistance screening

马铃薯孢囊线虫（potato cyst nematode，PCN）是马铃薯中最重要的植物寄生线虫。其中马铃薯金线虫（*Globoderarostochiensis*）和马铃薯白线虫（*G. pallida*）是中国及多个国家重要的检疫有害生物[1] Evans 等[2]研究发现欧盟国家马铃薯金线虫和白线虫的发生区域会导致马铃薯减产约 12.2%，造成经济损失超过 3 亿欧元。Hodda 等[3]研究表明通过多种防控技术可以降低马铃薯金线虫和白线虫带来的马铃薯减产和经济损失，但需要花费大量的费用用于马铃薯金线虫和白线虫的监测、检疫和防控。Jiang 等[4]研究发现目前我国西南地区云南省、贵州省、四川省等多个马铃薯种植区已经发现马铃薯金线虫的分布，给我国马铃薯生产安全带来了巨大的风险。开展马铃薯金线虫的防控和治理是当务之急。Gartner 等[5]研究表明种植具有持久、广谱抗性的马铃薯品种是控制马铃薯金线虫最安全、可持续的方法。

聚合多个抗性基因是培育对马铃薯孢囊线虫具有持久、广谱抗性品种最常用的方法。Milczarek 等[6]研究表明通过鉴定与抗性基因紧密连锁的分子标记可以快速、准确地鉴定抗病材料，提高聚合育种的效率。Vinay 等[7]研究表明近年来，多个马铃薯孢囊线虫抗性基因及与这些基因紧密连锁的分子标记被用于马铃薯孢囊线虫抗性资源筛选及育种。Bakker 等[8]与 Finkers-Tomczak 等[9]的研究表明 *H1* 是位于马铃薯 5 号染色体上，对马铃薯金线虫生理小种 Ro1 和 Ro4 表现出极端抗性。Finkers-Tomczak 等[9]、Milczarek 等[10]、Mori 等[11]、Asano 等[12]、Schultz 等[13]、Meiyalaghan 等[14]与 Park 等[15]的研究发现 N146、N195、57R 和 TG689 是与 *H1* 紧密连锁的分子标记，且被用于筛选马铃薯金线虫抗性资源。Paal 等[16]研究表明 *Gro1-4* 是定位在 7 号染色体，对马铃薯金线虫 Ro1 生理小种具有极强的抗性，Sharma 等[17]与 Sudha 等[18]的研究表明 Gro1-4-1 常被用来筛选含有 *Gro1-4* 基因的马铃薯抗性资源。Vossen 等[19]研究表明 *Gpa2* 分布于 12 号染色体，能够对马铃薯白线虫 Pa2/3 生理小种产生抗性，Rogozina 等[20]研究表明 Gpa2-2 是筛选马铃薯白线虫抗性资源常用的分子标记。

马铃薯孢囊线虫一直是我国重要的检疫性病害。中国没有马铃薯孢囊线虫发生的报道之前，国内马铃薯育种单位鲜少关注马铃薯孢囊线虫抗性育种。因此，系统性地对马铃薯资源进行抗孢囊线虫材料的筛选，是发现抗性亲本并开展马铃薯孢囊线虫抗性育种的前提。本研究利用抗性分子标记对云南省农业科学院保存的马铃薯种质资源进行马铃薯金线虫和白线虫的抗性基因进行检测，为抗孢囊线虫马铃薯育种提供技术储备和材料基础。

1 材料与方法

1.1 试验材料

供鉴定试验材料875份（表1），其中地方品种（DFPZ）146份、国内育成品种（YCPZ）95份、国外材料（GWCL）298份、品系材料（PXCL）323份，马铃薯野生种（YSZ）13份。均保存在云南省农业科学院马铃薯种质资源库。

表1 875份马铃薯种质资源信息

Table 1 The Information of 875 Potato Germplasm Resources

编号	名称或原编号	来源	编号	名称或原编号	来源	编号	名称或原编号	来源
DFPZ-001	版纳1号	云南省西双版纳州	GWCL-052	306418.1	国际马铃薯中心	PXCL-046	DE11-112-5	云南省农业科学院
DFPZ-002	东川老家洋芋	云南省昆明市东川区	GWCL-053	306418.53	国际马铃薯中心	PXCL-047	DE11-1262	云南省农业科学院
DFPZ-003	东川木多	云南省昆明市东川区	GWCL-054	306418.69	国际马铃薯中心	PXCL-048	DE11-2157	云南省农业科学院
DFPZ-004	东川舍块洋芋	云南省昆明市东川区	GWCL-055	311083.5	国际马铃薯中心	PXCL-049	DE11-283	云南省农业科学院
DFPZ-005	东川小乌洋芋	云南省昆明市东川区	GWCL-056	311166.8	国际马铃薯中心	PXCL-050	DE11-49-3	云南省农业科学院
DFPZ-006	广南白皮	云南省文山州广南县	GWCL-057	311339.114	国际马铃薯中心	PXCL-051	DE11-69-4	云南省农业科学院
DFPZ-007	耗子洋芋	云南省大理州	GWCL-058	311420.14	国际马铃薯中心	PXCL-052	DE11-73-18	云南省农业科学院
DFPZ-008	河坝洋芋	云南省地方品种	GWCL-059	311420.19	国际马铃薯中心	PXCL-053	DE11-77-2	云南省农业科学院
DFPZ-009	江红	云南省地方品种	GWCL-060	311420.74	国际马铃薯中心	PXCL-054	DE11-80-7	云南省农业科学院
DFPZ-010	景东小洋芋	云南省普洱市景东县	GWCL-061	311422.33	国际马铃薯中心	PXCL-055	DE12-1115	云南省农业科学院
DFPZ-011	景谷本地品种	云南省普洱市景谷县	GWCL-062	311575.64	国际马铃薯中心	PXCL-056	DEO2-24-24	云南省农业科学院
DFPZ-012	昆引1号	云南省会泽县	GWCL-063	311612.14	国际马铃薯中心	PXCL-057	G15-2-1	云南省农业科学院
DFPZ-013	澜沧本地洋芋	云南省普洱市澜沧县	GWCL-064	311623.105	国际马铃薯中心	PXCL-058	G15-24-4	云南省农业科学院
DFPZ-014	老家新平洋芋	云南省玉溪市新平县	GWCL-065	311623.63	国际马铃薯中心	PXCL-059	G15-33-1	云南省农业科学院
DFPZ-015	临沧洋芋	云南省临沧市	GWCL-066	391046.14	国际马铃薯中心	PXCL-060	G15-49-7	云南省农业科学院
DFPZ-016	陇川红皮	云南省德宏州陇川县	GWCL-067	395436.8	国际马铃薯中心	PXCL-061	G15-7-4	云南省农业科学院
DFPZ-017	泸西小乌洋芋	云南省红河州泸西县	GWCL-068	396004.337	国际马铃薯中心	PXCL-062	G15-8-2	云南省农业科学院
DFPZ-018	马厂红	云南省地方品种	GWCL-069	396241.4	国际马铃薯中心	PXCL-063	G15-8-3	云南省农业科学院

DFPZ-019	南甸红	云南省地方品种	GWCL-070	396268.9	国际马铃薯中心	PXCL-064	G15-9-1	云南省农业科学院
DFPZ-020	南中 552	湖北省恩施州	GWCL-071	398098.203	国际马铃薯中心	PXCL-065	G17-10-14	云南省农业科学院
DFPZ-021	青洋芋	云南省地方品种	GWCL-072	700313	国际马铃薯中心	PXCL-066	G17-10-4	云南省农业科学院
DFPZ-022	铁壳洋芋	云南省地方品种	GWCL-073	701165	国际马铃薯中心	PXCL-067	G17-11-6	云南省农业科学院
DFPZ-023	土锅洋芋	云南省地方品种	GWCL-074	702197	国际马铃薯中心	PXCL-068	G17-18-2	云南省农业科学院
DFPZ-024	瓦壳洋芋	云南省地方品种	GWCL-075	702223	国际马铃薯中心	PXCL-069	G17-19-1	云南省农业科学院
DFPZ-025	鞋底洋芋	云南省地方品种	GWCL-076	702464	国际马铃薯中心	PXCL-070	G17-20-11	云南省农业科学院
DFPZ-026	兴佳 2 号	广西省农业科学院	GWCL-077	702619	国际马铃薯中心	PXCL-071	G17-20-2	云南省农业科学院
DFPZ-027	盈江红芋	云南省德宏州盈江县	GWCL-078	702802	国际马铃薯中心	PXCL-072	G17-21-1	云南省农业科学院
DFPZ-028	云选 2 号	云南省农业科学院	GWCL-079	702815	国际马铃薯中心	PXCL-073	G17-2-3	云南省农业科学院
DFPZ-029	阿木古鲁	云南省地方品种	GWCL-080	702937	国际马铃薯中心	PXCL-074	G17-25-124	云南省农业科学院
DFPZ-030	阿诗洋芋	云南省地方品种	GWCL-081	703197	国际马铃薯中心	PXCL-075	G17-25-36	云南省农业科学院
DFPZ-031	阿务洋芋	云南省地方品种	GWCL-082	703282	国际马铃薯中心	PXCL-076	G17-25-57	云南省农业科学院
DFPZ-032	哀牢山小洋芋	云南省普洱市景东县	GWCL-083	703287	国际马铃薯中心	PXCL-077	G17-27-1	云南省农业科学院
DFPZ-033	爱德 53	云南省地方品种	GWCL-084	703317	国际马铃薯中心	PXCL-078	G17-27-2	云南省农业科学院
DFPZ-034	安宁乌洋芋	云南省昆明市安宁县	GWCL-085	703356	国际马铃薯中心	PXCL-079	G17-27-6	云南省农业科学院
DFPZ-035	巴达小洋芋	云南省地方品种	GWCL-086	703421	国际马铃薯中心	PXCL-080	G17-27-7	云南省农业科学院
DFPZ-036	白大眼睛洋芋	云南省地方品种	GWCL-087	703446	国际马铃薯中心	PXCL-081	G17-2-8	云南省农业科学院
DFPZ-037	白花贡	云南省怒江州贡山县	GWCL-088	703596	国际马铃薯中心	PXCL-082	G17-4-17	云南省农业科学院
DFPZ-038	白花洋芋	云南省地方品种	GWCL-089	703741	国际马铃薯中心	PXCL-083	G17-4-18	云南省农业科学院
DFPZ-039	白皮耗子	云南省地方品种	GWCL-090	703801	国际马铃薯中心	PXCL-084	G17-4-29	云南省农业科学院
DFPZ-040	白依	云南省地方品种	GWCL-091	703825	国际马铃薯中心	PXCL-085	G17-5-4	云南省农业科学院

DFPZ-041	稗子田黄心马铃薯	云南省地方品种	GWCL-092	703831	国际马铃薯中心	PXCL-086	G17-5-6	云南省农业科学院
DFPZ-042	稗子田紫心马铃薯	云南省地方品种	GWCL-093	704218	国际马铃薯中心	PXCL-087	G17-5-7	云南省农业科学院
DFPZ-043	保 11	云南省地方品种	GWCL-094	704270	国际马铃薯中心	PXCL-088	G17-6-1	云南省农业科学院
DFPZ-044	本地小乌洋芋	云南省地方品种	GWCL-095	704481	国际马铃薯中心	PXCL-089	G17-6-12	云南省农业科学院
DFPZ-045	本地洋芋（墨江县）	云南省普洱市墨江县	GWCL-096	705167	国际马铃薯中心	PXCL-090	G17-6-3	云南省农业科学院
DFPZ-046	本地洋芋（昭通水富）	云南省昭通市水富县	GWCL-097	705223	国际马铃薯中心	PXCL-091	G18-10-9	云南省农业科学院
DFPZ-047	本地洋芋（昭通绥江）	云南省昭通市绥江县	GWCL-098	705468	国际马铃薯中心	PXCL-092	G18-1-1	云南省农业科学院
DFPZ-048	本地紫马铃薯	云南省地方品种	GWCL-099	705476	国际马铃薯中心	PXCL-093	G18-17-8	云南省农业科学院
DFPZ-049	本地紫马铃薯（云南麻栗坡）	云南省文山州麻栗坡县	GWCL-100	705483	国际马铃薯中心	PXCL-094	G18-20-12	云南省农业科学院
DFPZ-050	毕洋芋	云南省地方品种	GWCL-101	705553	国际马铃薯中心	PXCL-095	G18-20-13	云南省农业科学院
DFPZ-051	大红眼睛	云南省地方品种	GWCL-102	705554	国际马铃薯中心	PXCL-096	G18-20-15	云南省农业科学院
DFPZ-052	大红洋芋	云南省地方品种	GWCL-103	706190	国际马铃薯中心	PXCL-097	G18-20-3	云南省农业科学院
DFPZ-053	大花洋芋	云南省地方品种	GWCL-104	706768	国际马铃薯中心	PXCL-098	G18-21-1	云南省农业科学院
DFPZ-054	大窝洋芋	云南省地方品种	GWCL-105	706784	国际马铃薯中心	PXCL-099	G18-21-3	云南省农业科学院
DFPZ-055	大洋芋	云南省地方品种	GWCL-106	707154	国际马铃薯中心	PXCL-100	G18-27-1	云南省农业科学院
DFPZ-056	东川麻脚杆	云南省昆明市东川区	GWCL-107	301024.95	国际马铃薯中心	PXCL-101	G18-27-11	云南省农业科学院
DFPZ-057	独龙洋芋（白花）	云南省怒江州贡山县	GWCL-108	302279.11	国际马铃薯中心	PXCL-102	G18-27-19	云南省农业科学院
DFPZ-058	独龙洋芋（紫花）	云南省怒江州贡山县	GWCL-109	302284.17	国际马铃薯中心	PXCL-103	G18-27-20	云南省农业科学院
DFPZ-059	二五洋芋	云南省地方品种	GWCL-110	302285.27	国际马铃薯中心	PXCL-104	G18-27-21	云南省农业科学院
DFPZ-060	伽玛 2 号	云南省昭通市	GWCL-111	304350.18	国际马铃薯中心	PXCL-105	G18-27-26	云南省农业科学院
DFPZ-061	改良紫心马铃薯	云南省地方品种	GWCL-112	304387.92	国际马铃薯中心	PXCL-106	G18-27-27	云南省农业科学院
DFPZ-062	疙瘩洋芋	云南省地方品种	GWCL-113	304405.42	国际马铃薯	PXCL-107	G18-27-35	云南省农业科学院

					中心			
DFPZ-063	格杂红	云南省地方品种	GWCL-114	388676.1	国际马铃薯中心	PXCL-108	G18-27-36	云南省农业科学院
DFPZ-064	各家尼了（紫）	云南省地方品种	GWCL-115	391585.5	国际马铃薯中心	PXCL-109	G18-3-5	云南省农业科学院
DFPZ-065	耿马老品种	云南省临沧市耿马县	GWCL-116	391724.1	国际马铃薯中心	PXCL-110	G18-4-3	云南省农业科学院
DFPZ-066	贡山毒洋芋	云南省怒江州贡山县	GWCL-117	391930.1	国际马铃薯中心	PXCL-111	G18-5-7	云南省农业科学院
DFPZ-067	广南武鸣县一号	云南省文山州广南县	GWCL-118	393399.7	国际马铃薯中心	PXCL-112	G18-6-4	云南省农业科学院
DFPZ-068	桂花紫皮洋芋	云南省地方品种	GWCL-119	394034.65	国际马铃薯中心	PXCL-113	G18-7-1	云南省农业科学院
DFPZ-069	鹤庆红	云南省大理州鹤庆县	GWCL-120	394034.7	国际马铃薯中心	PXCL-114	G18-7-5	云南省农业科学院
DFPZ-070	黑自来洋芋	云南省地方品种	GWCL-121	394613.32	国际马铃薯中心	PXCL-115	G18-8-2	云南省农业科学院
DFPZ-071	红大眼睛	云南省地方品种	GWCL-122	395011.2	国际马铃薯中心	PXCL-116	G18-9-3	云南省农业科学院
DFPZ-072	红大眼睛洋芋	云南省地方品种	GWCL-123	395037.107	国际马铃薯中心	PXCL-117	GH-4	云南省农业科学院
DFPZ-073	红河 2 号	云南省红河州	GWCL-124	395077.12	国际马铃薯中心	PXCL-118	GYT306	云南省农业科学院
DFPZ-074	红马楠	云南省地方品种	GWCL-125	395109.29	国际马铃薯中心	PXCL-119	J03-1136	云南省农业科学院
DFPZ-075	红皮洋芋	云南省地方品种	GWCL-126	395109.34	国际马铃薯中心	PXCL-120	JC02-24-40	云南省农业科学院
DFPZ-076	红哨子洋芋	云南省地方品种	GWCL-127	395112.6	国际马铃薯中心	PXCL-121	JL03-627	云南省农业科学院
DFPZ-077	虎跳峡白洋芋	云南省迪庆州	GWCL-128	395169.17	国际马铃薯中心	PXCL-122	JN08-46-12	云南省农业科学院
DFPZ-078	黄心洋芋	云南省地方品种	GWCL-129	396004.225	国际马铃薯中心	PXCL-123	JS03-303	云南省农业科学院
DFPZ-079	会泽红	云南省曲靖市会泽县	GWCL-130	396009.24	国际马铃薯中心	PXCL-124	JZS12 号	云南省农业科学院
DFPZ-080	鸡窝洋芋	云南省地方品种	GWCL-131	396023.109	国际马铃薯中心	PXCL-125	L0529-2	云南省农业科学院
DFPZ-081	剑川红	云南省大理州	GWCL-132	396026.103	国际马铃薯中心	PXCL-126	LO527-4	云南省农业科学院
DFPZ-082	金冠	北方地方品种	GWCL-133	396029.205	国际马铃薯中心	PXCL-127	LO528-3	云南省农业科学院
DFPZ-083	缙云土豆	云南省地方品种	GWCL-134	396029.25	国际马铃薯中心	PXCL-128	LU10-105	云南省农业科学院
DFPZ-084	景东小山洋芋	云南省普洱市景	GWCL-135	396031.108	国际马铃薯	PXCL-129	Lu10-177	云南省农业科学院

		东县			中心			
DFPZ-085	开花洋芋	云南省昆明市东川	GWCL-136	396033.102	国际马铃薯中心	PXCL-130	LU10-29	云南省农业科学院
DFPZ-086	昆农	云南省地方品种	GWCL-137	396034.103	国际马铃薯中心	PXCL-131	Lu10-36	云南省农业科学院
DFPZ-087	蓝花贡	云南省地方品种	GWCL-138	396036.201	国际马铃薯中心	PXCL-132	LU10-36St	云南省农业科学院
DFPZ-088	老黑洋芋	云南省地方品种	GWCL-139	396038.105	国际马铃薯中心	PXCL-133	LU10-41	云南省农业科学院
DFPZ-089	老品种白洋芋	云南省地方品种	GWCL-140	396038.107	国际马铃薯中心	PXCL-134	Lu11-177	云南省农业科学院
DFPZ-090	老鼠洋芋	云南省地方品种	GWCL-141	396043.226	国际马铃薯中心	PXCL-135	LU11-321	云南省农业科学院
DFPZ-091	傈僳洋芋	云南省地方品种	GWCL-142	396244.12	国际马铃薯中心	PXCL-136	LU11-743	云南省农业科学院
DFPZ-092	梁河小洋芋	云南省德宏州梁河县	GWCL-143	396285.1	国际马铃薯中心	PXCL-137	OI-45	云南省农业科学院
DFPZ-093	六七六盖	云南省地方品种	GWCL-144	397039.51	国际马铃薯中心	PXCL-138	ON-7	云南省农业科学院
DFPZ-094	洛吉白	云南省地方品种	GWCL-145	397065.2	国际马铃薯中心	PXCL-139	P02-50-1	云南省农业科学院
DFPZ-095	马丁红	云南省地方品种	GWCL-146	397079.26	国际马铃薯中心	PXCL-140	P10	云南省农业科学院
DFPZ-096	马尔科（泸西县）	云南省红河州泸西县	GWCL-147	397079.6	国际马铃薯中心	PXCL-141	P175-2	云南省农业科学院
DFPZ-097	马尔科（陆良县）	云南省曲靖市陆良县	GWCL-148	398180.144	国际马铃薯中心	PXCL-142	P184-4	云南省农业科学院
DFPZ-098	马蒙洋芋	云南省地方品种	GWCL-149	398190.735	国际马铃薯中心	PXCL-143	P190-4	云南省农业科学院
DFPZ-099	马屎洋芋	云南省地方品种	GWCL-150	CFK69.1	国际马铃薯中心	PXCL-144	Pa-7	云南省农业科学院
DFPZ-100	马牙科	云南省地方品种	GWCL-151	G06-13-1	国际马铃薯中心	PXCL-145	PB031	云南省农业科学院
DFPZ-101	芒果洋芋	云南省地方品种	GWCL-152	G06-33-2	国际马铃薯中心	PXCL-146	PB-3	云南省农业科学院
DFPZ-102	米拉（八榜洋芋）	云南省地方品种	GWCL-153	G06-33-5	国际马铃薯中心	PXCL-147	Pubula	云南省农业科学院
DFPZ-103	米拉（禄劝）	云南省昆明市禄劝县	GWCL-154	G06-33-9	国际马铃薯中心	PXCL-148	Pucallid	云南省农业科学院
DFPZ-104	拇指洋芋	云南省地方品种	GWCL-155	G06-35-1	国际马铃薯中心	PXCL-149	Pπ-10	云南省农业科学院
DFPZ-105	宁仓 3 号	云南省地方品种	GWCL-156	G06-36-1	国际马铃薯中心	PXCL-150	S02-102	云南省农业科学院
DFPZ-106	牛角洋芋	云南省地方品种	GWCL-157	G06-36-22	国际马铃薯	PXCL-151	S02-106	云南省农业科学院

					中心			
DFPZ-107	怒江小糯	云南省怒江州	GWCL-158	G06-38-2（大）	国际马铃薯中心	PXCL-152	S02-832	云南省农业科学院
DFPZ-108	品比 4 号	云南省地方品种	GWCL-159	G06-43-23	国际马铃薯中心	PXCL-153	S02-864	云南省农业科学院
DFPZ-109	茄子洋芋	云南省地方品种	GWCL-160	G06-49-21	国际马铃薯中心	PXCL-154	S02-91	云南省农业科学院
DFPZ-110	丘北紫	云南省文山州丘北县	GWCL-161	GW03-60-1	国际马铃薯中心	PXCL-155	S03-102	云南省农业科学院
DFPZ-111	热 13-8	云南省地方品种	GWCL-162	Adriana	荷兰	PXCL-156	S03-1184	云南省农业科学院
DFPZ-112	山地洋芋（镇沅县）	云南省普洱市镇沅县	GWCL-163	Amandine	荷兰	PXCL-157	S03-1427	云南省农业科学院
DFPZ-113	山洋芋	云南省地方品种	GWCL-164	Arietis	荷兰	PXCL-158	S03-1549	云南省农业科学院
DFPZ-114	舍得乌芋	云南省地方品种	GWCL-165	Asterix	荷兰	PXCL-159	S03-2348	云南省农业科学院
DFPZ-115	胜利洋芋	云南省地方品种	GWCL-166	Axelle	荷兰	PXCL-160	S03-2387	云南省农业科学院
DFPZ-116	石房洋芋	云南省地方品种	GWCL-167	Binjie	荷兰	PXCL-161	S03-2391	云南省农业科学院
DFPZ-117	石硫厂	云南省地方品种	GWCL-168	Colorado	荷兰	PXCL-162	S03-2672	云南省农业科学院
DFPZ-118	铁厂红	云南省地方品种	GWCL-169	Fitis	荷兰	PXCL-163	S03-2689	云南省农业科学院
DFPZ-119	团 1420	云南省地方品种	GWCL-170	Flaive	荷兰	PXCL-164	S03-2794	云南省农业科学院
DFPZ-120	托罗坪洋芋	云南省地方品种	GWCL-171	Fontane	荷兰	PXCL-165	S03-3276（10）	云南省农业科学院
DFPZ-121	维西庆福洋芋	云南省迪庆州维西县	GWCL-172	Fridor	荷兰	PXCL-166	S03-3309	云南省农业科学院
DFPZ-122	乌沙洋芋光皮	云南省地方品种	GWCL-173	IPT1-1	荷兰	PXCL-167	S03-3458	云南省农业科学院
DFPZ-123	乌沙洋芋麻皮	云南省地方品种	GWCL-174	kikko	荷兰	PXCL-168	S03-64914-z4-3	云南省农业科学院
DFPZ-124	乌洋芋	云南省地方品种	GWCL-175	Matador	荷兰	PXCL-169	S03-905	云南省农业科学院
DFPZ-125	五香洋芋	云南省地方品种	GWCL-176	Melody	荷兰	PXCL-170	S04-109	云南省农业科学院
DFPZ-126	五香芋	云南省地方品种	GWCL-177	Milva	荷兰	PXCL-171	S04-122	云南省农业科学院
DFPZ-127	武定红皮	云南省楚雄州武定县	GWCL-178	Monalisa	荷兰	PXCL-172	S04-1981	云南省农业科学院
DFPZ-128	小红欧头	云南省地方品种	GWCL-179	Oriama	荷兰	PXCL-173	S04-2281	云南省农业科学院
DFPZ-129	小黄皮	云南省地方品种	GWCL-180	PNT2-1	荷兰	PXCL-174	S04-2303	云南省农业科学院
DFPZ-130	小糯洋芋	云南省地方品种	GWCL-181	Premium	荷兰	PXCL-175	S04-2304	云南省农业科学院
DFPZ-131	小乌洋芋	云南省地方品种	GWCL-182	PT1-18	荷兰	PXCL-176	S04-2345	云南省农业科学院
DFPZ-132	小洋芋（景谷县）	云南省普洱市景谷县	GWCL-183	PT1-24	荷兰	PXCL-177	S04-3081	云南省农业科学院
DFPZ-133	小洋芋（元阳县）	云南省红河州元阳县	GWCL-184	PT2-15	荷兰	PXCL-178	S04-3176	云南省农业科学院
DFPZ-134	小洋芋（昭通水富）	云南省昭通市水富县	GWCL-185	PT2-16	荷兰	PXCL-179	S04-3414	云南省农业科学院
DFPZ-135	小长红	云南省地方品种	GWCL-186	Redlaure	荷兰	PXCL-180	S04-3417	云南省农业科学院
DFPZ-136	小籽洋芋	云南省地方品种	GWCL-187	Rodriga	荷兰	PXCL-181	S04-5682	云南省农业科学院
DFPZ-137	新大坪	云南省地方品种	GWCL-188	Shannon	荷兰	PXCL-182	S04-6002	云南省农业科学院

DFPZ-138	新和糯洋芋	云南省地方品种	GWCL-189	Vitesse	荷兰	PXCL-183	S04-801	云南省农业科学院
DFPZ-139	新联火茸（迪庆）	云南省迪庆州	GWCL-190	Voyager	荷兰	PXCL-184	S04-905	云南省农业科学院
DFPZ-140	新陆良 1 号	云南省地方品种	GWCL-191	何 18	荷兰	PXCL-185	S04-969	云南省农业科学院
DFPZ-141	新平小洋芋	云南省玉溪市新平县	GWCL-192	何 2	荷兰	PXCL-186	S05-1375	云南省农业科学院
DFPZ-142	羊角洋芋	云南省地方品种	GWCL-193	何 31	荷兰	PXCL-187	S05-1669	云南省农业科学院
DFPZ-143	叶子阿米栗子	云南省地方品种	GWCL-194	何 80	荷兰	PXCL-188	S05-337	云南省农业科学院
DFPZ-144	早粉龙	云南省地方品种	GWCL-195	2	加拿大	PXCL-189	S05-538	云南省农业科学院
DFPZ-145	紫花洋芋	云南省地方品种	GWCL-196	37	加拿大	PXCL-190	S06-1169	云南省农业科学院
DFPZ-146	自来洋芋	云南省地方品种	GWCL-197	13128-13	加拿大	PXCL-191	S06-122	云南省农业科学院
YCPZ-001	东农 303	黑龙江省	GWCL-198	CDH10	加拿大	PXCL-192	S06-1273	云南省农业科学院
YCPZ-002	陇薯 3 号	甘肃省	GWCL-199	CPH13	加拿大	PXCL-193	S06-1675	云南省农业科学院
YCPZ-003	陇薯 6 号	甘肃省	GWCL-200	CPH3	加拿大	PXCL-194	S06-1698	云南省农业科学院
YCPZ-004	陇薯 7 号	甘肃省	GWCL-201	F02006	加拿大	PXCL-195	S06-36-4	云南省农业科学院
YCPZ-005	天薯 10 号	甘肃省天水市	GWCL-202	JN-1	加拿大	PXCL-196	S07-653	云南省农业科学院
YCPZ-006	天薯 9 号	甘肃省天水市	GWCL-203	JN-115	加拿大	PXCL-197	S08-1244	云南省农业科学院
YCPZ-007	冀张薯 12 号	河北省	GWCL-204	JN-15	加拿大	PXCL-198	S08-1299	云南省农业科学院
YCPZ-008	冀张薯 5 号	河北省	GWCL-205	JN-157	加拿大	PXCL-199	S08-1501	云南省农业科学院
YCPZ-009	克新 19 号	黑龙江省	GWCL-206	JN-2	加拿大	PXCL-200	S10-1033	云南省农业科学院
YCPZ-010	鄂马铃薯 5 号	湖北省	GWCL-207	JN-22	加拿大	PXCL-201	S10-1617	云南省农业科学院
YCPZ-011	金湘	湖南省	GWCL-208	JN-40	加拿大	PXCL-202	S10-172	云南省农业科学院
YCPZ-012	合作 152	云南省	GWCL-209	JN-41	加拿大	PXCL-203	S10-177	云南省农业科学院
YCPZ-013	合作 23	云南省会泽县	GWCL-210	JN-45	加拿大	PXCL-204	S10-193	云南省农业科学院
YCPZ-014	合作 88	云南省会泽县	GWCL-211	JN-47	加拿大	PXCL-205	S10-221	云南省农业科学院
YCPZ-015	抗青 9-1	中国农业科学院	GWCL-212	JN-52	加拿大	PXCL-206	S10-242	云南省农业科学院
YCPZ-016	坝薯 10 号	河北省	GWCL-213	JN-54	加拿大	PXCL-207	S10-277	云南省农业科学院
YCPZ-017	早大白	辽宁省	GWCL-214	JN56	加拿大	PXCL-208	S10-327	云南省农业科学院
YCPZ-018	紫云 1 号	云南省农业科学院	GWCL-215	JN57	加拿大	PXCL-209	S10-344	云南省农业科学院
YCPZ-019	丽薯 10 号	丽江市农业科学研究所	GWCL-216	JN-59	加拿大	PXCL-210	S10-357	云南省农业科学院
YCPZ-020	丽薯 7 号	丽江市农业科学研究所	GWCL-217	JN-69	加拿大	PXCL-211	S10-404-1	云南省农业科学院
YCPZ-021	川凉芋 10 号	四川凉山州农业科学院	GWCL-218	JN-72	加拿大	PXCL-212	S10-404-2	云南省农业科学院
YCPZ-022	川凉芋 1 号	四川凉山州农业科学院	GWCL-219	JN-83	加拿大	PXCL-213	S10-443	云南省农业科学院
YCPZ-023	青薯 9 号	青海省农林科学院	GWCL-220	JN-92	加拿大	PXCL-214	S10-448	云南省农业科学院
YCPZ-024	晋薯 2 号	山西省农业科学院	GWCL-221	JN-98	加拿大	PXCL-215	S10-482	云南省农业科学院
YCPZ-025	晋薯 3 号	山西省农业科学院	GWCL-222	L-10	加拿大	PXCL-216	S10-499	云南省农业科学院

YCPZ-026	同薯 20 号	山西省农业科学院高寒区作物研究所	GWCL-223	L-4	加拿大	PXCL-217	S10-503	云南省农业科学院
YCPZ-027	同薯 22 号	山西省农业科学院高寒区作物研究所	GWCL-224	L-8	加拿大	PXCL-218	S10-513	云南省农业科学院
YCPZ-028	川芋 50	四川省农业科学院	GWCL-225	SP213	加拿大	PXCL-219	S10-515	云南省农业科学院
YCPZ-029	威芋 5 号	威宁县农业科学研究所	GWCL-226	SP241	加拿大	PXCL-220	S10-557	云南省农业科学院
YCPZ-030	延薯 6 号	吉林省延边州农业科学院	GWCL-227	SP288	加拿大	PXCL-221	S10-577	云南省农业科学院
YCPZ-031	延薯 7 号	吉林省延边州农业科学院	GWCL-228	SP327	加拿大	PXCL-222	S10-583	云南省农业科学院
YCPZ-032	滇薯 6 号	云南农业大学	GWCL-229	夏波蒂	加拿大	PXCL-223	S10-642	云南省农业科学院
YCPZ-033	德薯 2 号	云南省德宏州农科所	GWCL-230	老挝-1	老挝	PXCL-224	S10-655	云南省农业科学院
YCPZ-034	德薯 3 号	云南省德宏州农科所	GWCL-231	A86SXD6-7	美国	PXCL-225	S10-676	云南省农业科学院
YCPZ-035	红云 1 号	云南省农业科学院	GWCL-232	07248-02	美国	PXCL-226	S10-698	云南省农业科学院
YCPZ-036	会-2	云南省会泽县农技中心	GWCL-233	07506-01	美国	PXCL-227	S10-710	云南省农业科学院
YCPZ-037	靖薯 1 号	云南省曲靖市	GWCL-234	08675-21	美国	PXCL-228	S10-776	云南省农业科学院
YCPZ-038	丽薯 6 号	丽江市农业科学研究所	GWCL-235	09120-05	美国	PXCL-229	S10-783	云南省农业科学院
YCPZ-039	黔芋 2 号	贵州省农业科学院	GWCL-236	09926-03	美国	PXCL-230	S10-786	云南省农业科学院
YCPZ-040	黔芋 3 号	贵州省农业科学院	GWCL-237	09970-02	美国	PXCL-231	S10-823	云南省农业科学院
YCPZ-041	黔芋 5 号	贵州省农业科学院	GWCL-238	10618-01	美国	PXCL-232	S10-993	云南省农业科学院
YCPZ-042	威芋 3 号	贵州省威宁县农科所	GWCL-239	10875-04	美国	PXCL-233	S10-996	云南省农业科学院
YCPZ-043	宣薯 2 号	云南省宣威市农技中心	GWCL-240	11364-09	美国	PXCL-234	S11-111	云南省农业科学院
YCPZ-044	宣薯 4 号	云南省宣威市农技中心	GWCL-241	11364-48	美国	PXCL-235	S11-1258	云南省农业科学院
YCPZ-045	宣薯 5 号	云南省宣威市农技中心	GWCL-242	11379-03	美国	PXCL-236	S11-1297	云南省农业科学院
YCPZ-046	宣薯 6 号	云南省宣威市农技中心	GWCL-243	320-02	美国	PXCL-237	S11-1306	云南省农业科学院
YCPZ-047	宣薯 7 号	云南省宣威市农技中心	GWCL-244	CH72.03	美国	PXCL-238	S11-1308	云南省农业科学院

YCPZ-048	宣薯 8 号	云南省宣威市农技中心	GWCL-245	DW84-1457	美国	PXCL-239	S11-1431	云南省农业科学院
YCPZ-049	云薯 101	云南省农业科学院	GWCL-246	F87084	美国	PXCL-240	S11-1432	云南省农业科学院
YCPZ-050	云薯 102	云南省农业科学院	GWCL-247	W5281.2	美国	PXCL-241	S11-1558	云南省农业科学院
YCPZ-051	云薯 103	云南省农业科学院	GWCL-248	W5337.3	美国	PXCL-242	S11-1661	云南省农业科学院
YCPZ-052	云薯 104	云南省农业科学院	GWCL-249	A00188-3C	美国	PXCL-243	S11-172	云南省农业科学院
YCPZ-053	云薯 105	云南省农业科学院	GWCL-250	A02267-1Y	美国	PXCL-244	S11-1941	云南省农业科学院
YCPZ-054	云薯 107	云南省农业科学院	GWCL-251	A03141-6	美国	PXCL-245	S11-2115	云南省农业科学院
YCPZ-055	云薯 108	云南省农业科学院	GWCL-252	A03921-2	美国	PXCL-246	S11-2182	云南省农业科学院
YCPZ-056	云薯 110	云南省农业科学院	GWCL-253	A05180-3PY	美国	PXCL-247	S11-2435	云南省农业科学院
YCPZ-057	云薯 201	云南省农业科学院	GWCL-254	A05182-7Y	美国	PXCL-248	S11-2557	云南省农业科学院
YCPZ-058	云薯 202	云南省农业科学院	GWCL-255	A06084-1TE	美国	PXCL-249	S11-2691	云南省农业科学院
YCPZ-059	云薯 203	云南省农业科学院	GWCL-256	A06336-2Y	美国	PXCL-250	S11-321	云南省农业科学院
YCPZ-060	云薯 205	云南省农业科学院	GWCL-257	A07008-4TE	美国	PXCL-251	S11-403	云南省农业科学院
YCPZ-061	云薯 301	云南省农业科学院	GWCL-258	Alpine Russet	美国	PXCL-252	S11-47	云南省农业科学院
YCPZ-062	云薯 303	云南省农业科学院	GWCL-259	Alturas	美国	PXCL-253	S11-58	云南省农业科学院
YCPZ-063	云薯 304	云南省农业科学院	GWCL-260	AO03123-2	美国	PXCL-254	S11-847	云南省农业科学院
YCPZ-064	云薯 305	云南省农业科学院	GWCL-261	AO96305-3	美国	PXCL-255	S12-1115	云南省农业科学院
YCPZ-065	云薯 401	云南省农业科学院	GWCL-262	Blazer Russet	美国	PXCL-256	S12-1612	云南省农业科学院
YCPZ-066	云薯 501	云南省农业科学院	GWCL-263	Castle Russet	美国	PXCL-257	S12-1946	云南省农业科学院
YCPZ-067	云薯 502	云南省农业科学院	GWCL-264	COA07365-4RY	美国	PXCL-258	S12-1998	云南省农业科学院
YCPZ-068	云薯 503	云南省农业科学院	GWCL-265	Echo Russet(AO96141-3)	美国	PXCL-259	S12-887	云南省农业科学院
YCPZ-069	云薯 504	云南省农业科学	GWCL-266	GemStar	美国	PXCL-260	S12-962	云南省农业科学院

		院		Russet			
YCPZ-070	云薯 505	云南省农业科学院	GWCL-267	Highland Russet	美国	PXCL-261	S13-1248	云南省农业科学院
YCPZ-071	云薯 506	云南省农业科学院	GWCL-268	Huckleberry Gold	美国	PXCL-262	S13-1250	云南省农业科学院
YCPZ-072	云薯 507	云南省农业科学院	GWCL-269	Mountain Gem Russet	美国	PXCL-263	S13-1286	云南省农业科学院
YCPZ-073	云薯 601	云南省农业科学院	GWCL-270	NDA081451 CB-1CY	美国	PXCL-264	S13-1331	云南省农业科学院
YCPZ-074	云薯 602	云南省农业科学院	GWCL-271	Owyhee Russet	美国	PXCL-265	S13-181	云南省农业科学院
YCPZ-075	云薯 603	云南省农业科学院	GWCL-272	PA99N2-1	美国	PXCL-266	S13-1998	云南省农业科学院
YCPZ-076	云薯 604	云南省农业科学院	GWCL-273	PA99N82-4	美国	PXCL-267	S13-342	云南省农业科学院
YCPZ-077	云薯 605	云南省农业科学院	GWCL-274	Palisade Russet	美国	PXCL-268	S13-357	云南省农业科学院
YCPZ-078	云薯 606	云南省农业科学院	GWCL-275	Premier Russet	美国	PXCL-269	S13-413	云南省农业科学院
YCPZ-079	云薯 607	云南省农业科学院	GWCL-276	Sage Russet	美国	PXCL-270	S13-421	云南省农业科学院
YCPZ-080	云薯 701	云南省农业科学院	GWCL-277	Smilin Eyes	美国	PXCL-271	S13-592	云南省农业科学院
YCPZ-081	云薯 702	云南省农业科学院	GWCL-278	Targhee Russet	美国	PXCL-272	S13-601	云南省农业科学院
YCPZ-082	云薯 801	云南省农业科学院	GWCL-279	Yukon Gem	美国	PXCL-273	S13-65	云南省农业科学院
YCPZ-083	云薯 901	云南省农业科学院	GWCL-280	shan	缅甸	PXCL-274	S13-673	云南省农业科学院
YCPZ-084	镇薯 1 号	云南省镇雄县	GWCL-281	日本粉皮	日本	PXCL-275	S13-694	云南省农业科学院
YCPZ-085	中甸红	云南省迪庆州	GWCL-282	日本紫皮	日本	PXCL-276	S13-845	云南省农业科学院
YCPZ-086	紫玫瑰	北方品种	GWCL-283	RB-11	美国	PXCL-277	S13-848	云南省农业科学院
YCPZ-087	郑薯 1 号	郑州市蔬菜研究所	GWCL-284	RB-12	美国	PXCL-278	S14-1747	云南省农业科学院
YCPZ-088	郑薯 6 号	郑州市蔬菜研究所	GWCL-285	RB-13	美国	PXCL-279	S14-22	云南省农业科学院
YCPZ-089	中薯 17 号	中国农业科学院	GWCL-286	RB-15	美国	PXCL-280	S14-866	云南省农业科学院
YCPZ-090	中薯 18	中国农业科学院	GWCL-287	RB-17	美国	PXCL-281	S14-867	云南省农业科学院
YCPZ-091	中薯 18 号	中国农业科学院	GWCL-288	RB-18	美国	PXCL-282	S14-9	云南省农业科学院
YCPZ-092	中薯 1 号	中国农业科学院	GWCL-289	RB-20	美国	PXCL-283	S15-1722	云南省农业科学院
YCPZ-093	中薯 20 号	中国农业科学院	GWCL-290	RB-3	美国	PXCL-284	S15-1957	云南省农业科学院
YCPZ-094	中薯 5 号	中国农业科学院	GWCL-291	RB-4	美国	PXCL-285	S15-2443	云南省农业科学院
YCPZ-095	中薯 6 号	中国农业科学院	GWCL-292	RB-5	美国	PXCL-286	S15-2818	云南省农业科学院
GWCL-001	99-12-2④	白俄罗斯	GWCL-293	RB-9	美国	PXCL-287	S15-603	云南省农业科学院

GWCL-002	呼 9-1③	白俄罗斯	GWCL-294	KT.2	越南	PXCL-288	S15-609	云南省农业科学院
GWCL-003	300135.14	国际马铃薯中心	GWCL-295	KT.3	越南	PXCL-289	S16-105	云南省农业科学院
GWCL-004	301029.18	国际马铃薯中心	GWCL-296	KT-3	越南	PXCL-290	S16-744	云南省农业科学院
GWCL-005	302278.28	国际马铃薯中心	GWCL-297	大西洋	美国	PXCL-291	S17-182-3	云南省农业科学院
GWCL-006	302280.14	国际马铃薯中心	GWCL-298	费乌瑞它	荷兰	PXCL-292	S4	云南省农业科学院
GWCL-007	302280.21	国际马铃薯中心	PXCL-001	9173100	福建省	PXCL-293	S-H	云南省农业科学院
GWCL-008	302280.23	国际马铃薯中心	PXCL-002	katadin	美国	PXCL-294	TN18	云南省农业科学院
GWCL-009	302281.15	国际马铃薯中心	PXCL-003	norland	荷兰	PXCL-295	TN22	云南省农业科学院
GWCL-010	302281.18	国际马铃薯中心	PXCL-004	荷兰 7 号	荷兰	PXCL-296	TN40	云南省农业科学院
GWCL-011	302281.25	国际马铃薯中心	PXCL-005	克 200858-22	黑龙江省	PXCL-297	TN69	云南省农业科学院
GWCL-012	302281.27	国际马铃薯中心	PXCL-006	3FDA42	昆明市农业科学研究院	PXCL-298	TS03-136	云南省农业科学院
GWCL-013	302281.39	国际马铃薯中心	PXCL-007	A-A03-2	昆明市农业科学研究院	PXCL-299	TS03-303	云南省农业科学院
GWCL-014	302282.28	国际马铃薯中心	PXCL-008	CULTRA	昆明市农业科学研究院	PXCL-300	VYTOK	云南省农业科学院
GWCL-015	302286.13	国际马铃薯中心	PXCL-009	E 小薯	昆明市农业科学研究院	PXCL-301	ZY-8	云南省农业科学院
GWCL-016	302286.26	国际马铃薯中心	PXCL-010	GY5101	昆明市农业科学研究院	PXCL-302	俄 3	俄罗斯
GWCL-017	302286.28	国际马铃薯中心	PXCL-011	GY7306	昆明市农业科学研究院	PXCL-303	甘肃 BF-1	甘肃省
GWCL-018	302288.35	国际马铃薯中心	PXCL-012	HL-36	昆明市农业科学研究院	PXCL-304	天 05-7-35	甘肃省天水市
GWCL-019	302288.39	国际马铃薯中心	PXCL-013	JW39218	昆明市农业科学研究院	PXCL-305	天 06-3-4	甘肃省天水市
GWCL-020	302288.42	国际马铃薯中心	PXCL-014	JW5109	昆明市农业科学研究院	PXCL-306	天 11	甘肃省天水市
GWCL-021	302289.32	国际马铃薯中心	PXCL-015	JW96312	昆明市农业科学研究院	PXCL-307	威芋 51-1	贵州省
GWCL-022	302289.41	国际马铃薯中心	PXCL-016	LBR3810	昆明市农业科学研究院	PXCL-308	宣 4	云南省农业科学院
GWCL-023	302290.11	国际马铃薯中心	PXCL-017	PJ39372	昆明市农业科学研究院	PXCL-309	云选 19	云南省农业科学院
GWCL-024	302290.13	国际马铃薯中心	PXCL-018	VESTER	昆明市农业科学研究院	PXCL-310	师大 H-6	云南师范大学
GWCL-025	302290.23	国际马铃薯中心	PXCL-019	Mar-63	四川省	PXCL-311	地农 1 号	昭通市农业科学院
GWCL-026	302293.22	国际马铃薯中心	PXCL-020	Sep-89	四川省	PXCL-312	AlcaTarma	中国农业科学院
GWCL-027	302295.32	国际马铃薯中心	PXCL-021	HP84	陕西省	PXCL-313	D575.W	中国农业科学院
GWCL-028	302297.35	国际马铃薯中心	PXCL-022	178.12	云南省宣威市	PXCL-314	D597	中国农业科学院
GWCL-029	302298.16	国际马铃薯中心	PXCL-023	200.3	云南省宣威市	PXCL-315	F-2	中国农业科学院

GWCL-030	302298.17	国际马铃薯中心	PXCL-024	822	云南省农业科学院	PXCL-316	F-7	中国农业科学院
GWCL-031	302298.23	国际马铃薯中心	PXCL-025	824	云南省农业科学院	PXCL-317	H-1	中国农业科学院
GWCL-032	302298.42	国际马铃薯中心	PXCL-026	10-7（1）	云南省农业科学院	PXCL-318	INIA 301	中国农业科学院
GWCL-033	302298.44	国际马铃薯中心	PXCL-027	1-1	云南省农业科学院	PXCL-319	Lengua de Venado	中国农业科学院
GWCL-034	302299.13	国际马铃薯中心	PXCL-028	212	云南省农业科学院	PXCL-320	NFJ6	中国农业科学院
GWCL-035	302299.16	国际马铃薯中心	PXCL-029	393160-4	南方马铃薯中心	PXCL-321	Pucalliclla	中国农业科学院
GWCL-036	302300.25	国际马铃薯中心	PXCL-030	4-11	云南省农业科学院	PXCL-322	SA-2563	中国农业科学院
GWCL-037	302301.19	国际马铃薯中心	PXCL-031	51-1 威宁	贵州省威宁县	PXCL-323	WacaÑuno	中国农业科学院
GWCL-038	302302.11	国际马铃薯中心	PXCL-032	72.14BW-14-(2)-5	云南省农业科学院	YSZ-001	Solanum acaule	华中农业大学
GWCL-039	302302.25	国际马铃薯中心	PXCL-033	Jan-82	云南省农业科学院	YSZ-002	Solanum albicans	华中农业大学
GWCL-040	302302.29	国际马铃薯中心	PXCL-034	9-9	云南省农业科学院	YSZ-003	Solanum berthautii	华中农业大学
GWCL-041	302305.41	国际马铃薯中心	PXCL-035	Azul SonqoQeqorani	云南省农业科学院	YSZ-004	Solanum bukasovii	华中农业大学
GWCL-042	302305.46	国际马铃薯中心	PXCL-036	B57	云南省农业科学院	YSZ-005	Solanum bukasoviif.multidissectum	华中农业大学
GWCL-043	302306.33	国际马铃薯中心	PXCL-037	C1	云南省农业科学院	YSZ-006	Solanum chacoense	华中农业大学
GWCL-044	302306.36	国际马铃薯中心	PXCL-038	Culra	云南省农业科学院	YSZ-007	Solanum chomatophilum	华中农业大学
GWCL-045	306085.114	国际马铃薯中心	PXCL-039	D5	云南省农业科学院	YSZ-008	Solanum commersonii	华中农业大学
GWCL-046	306087.132	国际马铃薯中心	PXCL-040	D8	云南省农业科学院	YSZ-009	Solanum demissum	华中农业大学
GWCL-047	306140.14	国际马铃薯中心	PXCL-041	DE03-347	云南省农业科学院	YSZ-010	Solanum hjertingii	华中农业大学
GWCL-048	306143.62	国际马铃薯中心	PXCL-042	DE03-49-4	云南省农业科学院	YSZ-011	Solanum paucissectum	华中农业大学
GWCL-049	306143.65	国际马铃薯中心	PXCL-043	DE10-1037	云南省农业科学院	YSZ-012	Solanum phureja RH89-039-16	华中农业大学

GWCL-050	306416.68	国际马铃薯中心	PXCL-044	DE10-1078	云南省农业科学院	YSZ-013	Solanum piurana	华中农业大学
GWCL-051	306417.79	国际马铃薯中心	PXCL-045	DE10-185	云南省农业科学院			

注：编号 DFBZ 和 PXCL 的名称或原编号为各个育种单位的原始编号； 编号 YCPZ-001 到 YCPZ-095 的名称或原编号为国内育成品种的原始编号；编号 GWCL-001、GWCL-002 和 GWCL-162 到 GWCL-298 的名称或原编号为引进材料的原始编号；编号 GWCL-003 到 GWCL-161 的名称或原编号为国际马铃薯中心统一编号

Note: The names or original numbers of DFBZ and PXCL are the original numbers of each breeding unit.The name or original number of YCPZ-001 to YCPZ-095 is the original number of domestic varieties. The names or original numbers of GWCL-001, GWCL-002 and GWCL-162 to GWCL-298 are the original numbers of the introduced materials. The name or original number of GWCL-003 to GWCL-161 is the unified number of International Potato Center.

1.2 试验方法

采用新型植物基因组 DNA 提取试剂盒（天根生化科技（北京）有限公司，北京）提取供试样品基因组总 DNA。提取后，DNA 的质量和浓度通过 1%的琼脂糖凝胶电泳检测。Finkers-Tomczak 等[9]研究表明利用 N146、N195、57R 和 TG689 可以筛选携带 *H1* 抗性资源；Asano 等[12]研究表明 Gro1-4-1 可以筛选含有 *Gro1-4* 马铃薯资源；Gpa2-2 筛选携带 *Gpa2* 抗马铃薯白线虫资源。采用 PCR 分别扩增 57R 和 TG689；利用多重 PCR 分别同时扩增 N146 和 N195、Gro1-4-1 和 Gpa2-2。引物信息如表 2 所示。PCR 扩增体系 15μL，其中 2×Taq PCR Master Mix (天根生化科技(北京)有限公司) 7.5 μL，正、反向引物的量如表 2 所示 DNA 1 μL，用 ddH_2O 补齐至 15 μL。反应程序如下：57R 和 TG689 的程序为 95℃预变性 3min；95℃变性 30 s，退火温度 55℃，退火 30 s，72℃延伸 1min，循环 30 次；72℃延伸 5min；Gro1-4-1、Gpa2-2 和 N146、N195 的程序为 94℃预变性 10min；94℃变性 30s，退火温度 58℃，退火 30s，72℃延伸 1min，循环 35 次；72℃延伸 5min。PCR 扩增反应产物用 1.5%的琼脂糖凝胶进行检测。

表 2 分子标记信息

Table 2 The information of molecular marker

分子标记	类型	引物序列(5′-3′)	片段大小（bp）	PCR 引物量（μmol）
57R	SCAR	F TGCCTGCCTCTCCGATTTCT	450	4.0
		R GGTTCAGCAAAAGCAAGGACGTG		4.0
TG689	SCAR	F TAAAACTCTTGGTTATAGCCTAT	141	4.0
		R CAATAGAATGTGTTGTTTCACCAA		4.0
N146	SCAR	F AAGCTCTTGCCTAGTGCTC	506	2.5
		R AGGCGGAACATGCCATG		2.5
N195	SCAR	F TGGAAATGGCACCCACTA	337	2.5
		R CATCATGGTTTCACTTGTCAC		2.5

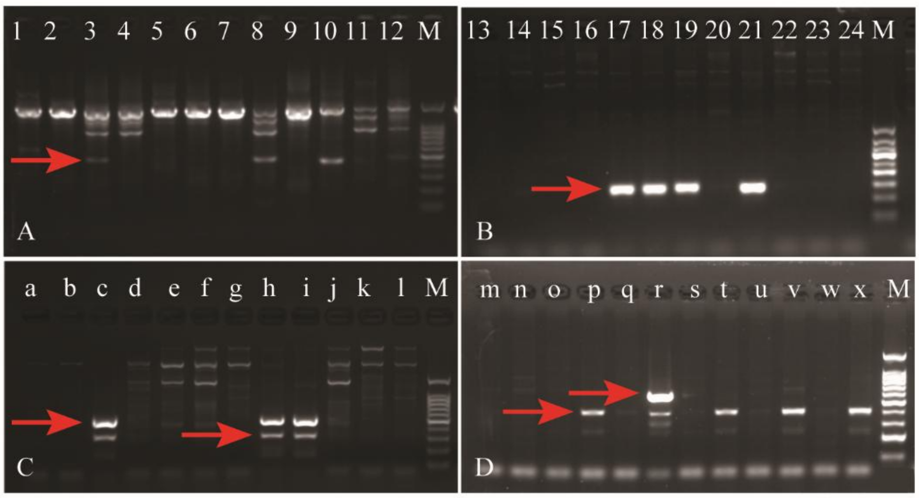
Gro1-4-1	STS	F AAGCCACAACTCTACTGGAG	602	2.5
		R GATATAGTACGTAATCATGCC		2.5
Gpa2-2	STS	F GCACTTAGAGACTCATTCCA	452	2.5
		R ACAGATTGTTGGCAGCGAAA		2.5

2 结果与分析

2.1 马铃薯孢囊线虫抗性基因在马铃薯种质资源中的分布

利用 6 个分子标记对 875 份马铃薯种质资源进行马铃薯孢囊线虫抗性基因筛选，鉴定到 371 份（42.4%）资源中含有至少 1 个分子标记。供试资源中没有同时检测到 6 个分子标记；40 份（10.78%）资源中检测有 5 个分子标记；80 份（21.56%）资源中含有 4 个分子标记；2 份（0.54%）资源含有 3 个分子标记；45 份（12.13%）资源中能够检测到 2 个分子标记；剩余 205 份（55.26%）资源中仅检测到 1 种分子标记。在 6 种分子标记中，Gpa2-2 的检出频率最高，共有 237 份（27.09%）资源中含有该标记；分子标记 TG689 的检出频率次之，177 份（20.23%）资源含有该标记；分别在 156 份（17.83%）、122 份（13.94%）和 120 份（13.71%）资源中检测到 57R、N146 和 N195；Gro1-4-1 的检出频率最低，仅在 7 份（0.80%）资源中发现该标记。

从供试材料来源分析，146 份马铃薯地方品种中发现 27 份（18.5%）材料带有抗性标记；在 95 个国内审定（登记）品种中，46 个（48.42%）品种含有抗马铃薯孢囊线虫分子标记；从国外引进的品种或品系材料（298 份）中发现 135 份（45.30%）材料中含有抗性标记；在云南省农业科学院保存的 323 份马铃薯品系材料中，有 162 份（50.15%）材料含有马铃薯孢囊线虫抗性标记，仅在 1 份（7.69%）马铃薯野生种中检测到 4 个分子标记（表 3）。



A：*H1* 分子标记 57R，箭头表示扩增条带大小 450 bp；1：土锅洋芋；2：白花贡；3：盈江红芋；4：大窝洋芋；5：贡山毒洋芋；6：会泽红；7：马蒙洋芋；8：鸡窝洋芋；9：五香洋芋；10：小糯洋芋；11：黄心洋芋；12：会泽红；M：100 bp marker。B：*H1* 分子标记 TG689，箭头表示扩增条带大小 141 bp；13：克新 19 号；14：紫云 1 号；15：丽薯 10 号；16：川芋 50；17：早大白；18：宣薯 6 号；19：云薯 102；20：云薯 603；21：云薯

301；22：镇薯 1 号；23：郑薯 1 号；24：中薯 18 号；M：50 bp marker。C：*H1* 分子标记 N146 和 N195，箭头表示扩增条带大小分别为 506 bp 和 337 bp；a：300135.14；b：301029.18；c：302280.14；d：702619；e：kikko；f：JN-54；g：A05182-7Y；h：Huckleberry Gold；i：日本粉皮；j：RB-12；k：费乌瑞它；l：Targhee Russet；M：100 bp marker。D：*Gro1-4* 分子标记 Group-4-1 和 *Gpa2* 分子标记 Gpa2-2，箭头表示扩增条带大小分别为 602bp 和 452 bp；m：DE10-1078；n：DE11-283；o：S03-905；p：S04-2303；q：S10-482；r：JN-115；s：S10-557；t：S10-676；u：S10-823；v：S11-1258；w：S11-1558；x：S15-609；M：100 bp marker。

A:*H1* molecular marker 57R, Arrow indicates 450 bp amplification band size；1：TuguoYangyu；2：Baihuagong；3：Yingjianghongyu；4：Dawo potato；5：GongshanduYangyu；6：Huizehong；7：MamengYangyu；8：JiwoYangyu；9：WuxiangYangyu；10：XiaonuoYangyu；11：HuangxinYangyu；12：Huizehong；M：100 bp marker.B:*H1* molecular marker TG689, the arrow indicates the amplification band size of 141 bp；13：Kexin19；14：Ziyun 1；15：Lishu10；16：Chuanyu50；17：Zaodabai；18：Xuanshu6；19：Yunshu 102；20：Yunshu 603；21：Yunshu 301；22：Zhenshu1hao；23：Zhengshu1；24：Zhongshu18；M：50 bp marker.C：*H1* molecular markers N146 and N195, arrows indicate that the amplified bands are 506 bp and 337 bp respectively；a：300135.14；b：301029.18；c：302280.14；d：702619；e：kikko；f：JN-54；g：A05182-7Y；h：Huckleberry Gold；i：JapanFenpi；j：RB-12；k：Favorita；l：Targhee Russet；M：100 bp marker.D：*Gro1-4* molecular marker Group-4-1 and *Gpa2* molecular marker Gpa2-2, the arrow indicates that the amplified band size is 602 bp and 452 bp respectively；m：DE10-1078；n：DE11-283；o：S03-905；p：S04-2303；q：S10-482；r：JN-115；s：S10-557；t：S10-676；u：S10-823；v：S11-1258；w：S11-1558；x：S15-609；M：100 bp marker.

图 1 部分材料马铃薯孢囊线虫抗性基因分子标记琼脂糖凝胶电泳图。

Fig. 1 Agarose gel electrophoresis of molecular markers for resistance genes of potato cyst nematode in some materials.

2.2 供试材料中 *H1* 分子标记分析

Park 等[15]研究表明 *H1* 是应用最广泛的马铃薯金线虫抗性基因。目前，用于筛选含有 *H1* 抗性资源的分子标记主要有 4 个即 57R、TG689、N146 和 N195。为了更准确地筛选含有该基因的种质资源，本研究采用这 4 个分子标记对所有供试材料进行 PCR 扩增，目的条带大小分别是 450 bp（57R）、141 bp（TG689）、506 bp（N146）和 337 bp（N95）（图 1-A-C）。研究结果表明：211 份材料中检测到 *H1* 分子标记，且利用不同分子标记检测到含有 *H1* 的材料数量存在差异。TG689 检测到含有 *H1* 的资源数量最多（177 份），其次是 57R（156 份），N146 和 N195 检出数目接近，分别是 122 份和 120 份。其中，114 份（54.03%）资源中同时检测到 57R、TG689、N146 和 N195，表明这些材料中携带 *H1* 的可能性比较高。7 份（3.32%）资源中含有 3 个 *H1* 分子标记；8 份（2.37%）材料含有 2 个 *H1* 分子标记；剩余 82 份材料中仅含有 1 个 *H1* 分子标记。

在 14 份马铃薯地方品种中检测到至少 1 个 *H1* 分子标记。其中，青洋芋、兴佳 2 号、盈江红芋、鸡窝洋芋、缙云土豆、蓝花贡、宁仓 3 号、丘北紫和小糯洋芋携带 4 个 *H1* 分子标记。26 份国内马铃薯育种单位育成的品种中含有至少 1 个 *H1* 分子标记。其中，天薯 9 号、天薯 10 号、冀张薯 5 号、冀张薯 12 号、延薯 6 号、黔芋 3 号、宣薯 5 号、云薯 201、云薯 202、云薯 205、云薯 304、云薯 401、云薯 504、云薯 505、

中薯 5 号、中薯 17 号和中薯 20 号中检测到 4 个分子标记。77 份引自国外的马铃薯资源至少含有 1 个 *H1* 分子标记，其中 50 份（64.94%）材料检测到 4 个 *H1* 分子标记。86 份国内育种单位保存的品系材料携带至少 1 个 *H1* 标记，其中，40 份（46.51%）品系材料含有 4 个分子标记。仅在马铃薯野生种 *S.berthautiiz* 中检测到 4 个 *H1* 分子标记。

2.3 供试材料中 *Gro1-4* 分子标记分析

本研究中共检测875份马铃薯资源材料，仅在地方品种缙云土豆、国外材料引自加拿大的JN115、SP213、SP241和SP327，云南省农业科学院保存的品系材料S10-577和S13-592发现有Gro1-4-1（图1-D）。供试材料中所有国内品种和野生种中均未检测到该分子标记。研究结果表明携带有广谱抗性基因Gro1的马铃薯严重缺乏，将来的抗马铃薯金线虫育种中应该针对性地导入该基因至马铃薯育种材料中。

2.4 供试材料中 *Gpa2* 分子标记分析

Gpa2-2 是 5 个分子标记中检出频率最高的标记。237 份材料中检测到该标记，占所有材料的 27.09%。其中，含有该标记的马铃薯地方品种 16 份（6.75%）、27 份国内品种（11.39%）、国外品系材料 78 份（32.91%）、品系材料 116 份（48.95%）。

表 3 筛选出的含有马铃薯孢囊线虫抗性基因分子标记的种质资源

Table 3 Germplasm resources containing molecular markers of potato cyst nematode resistance gene

编号	名称或原编号	N1 46	N1 95	57 R	TG 689	Gpa 2-2	Gro1 -4-1	编号	名称或原编号	N1 46	N1 95	57 R	TG 689	Gpa 2-2	Gro1 -4-1
DFPZ-002	东川老家洋芋					✚		GWCL-254	A05182-7Y					✚	
DFPZ-012	昆引 1 号					✚		GWCL-255	A06084-1TE					✚	
DFPZ-021	青洋芋	✚	✚	✚	✚			GWCL-256	A06336-2Y					✚	
DFPZ-023	土锅洋芋					✚		GWCL-257	A07008-4TE			✚			
DFPZ-026	兴佳 2 号	✚	✚	✚	✚			GWCL-259	Alturas					✚	
DFPZ-027	盈江红芋	✚	✚	✚	✚	✚		GWCL-264	COA07365-4RY				✚		
DFPZ-028	云选 2 号			✚		✚		GWCL-266	GemStar Russet					✚	
DFPZ-037	白花贡					✚		GWCL-268	Huckleberry Gold	✚	✚	✚	✚	✚	
DFPZ-049	本地紫马铃薯 (云南麻栗坡)					✚		GWCL-272	PA99N2-1					✚	
DFPZ-054	大窝洋芋				✚			GWCL-278	Targhee Russet					✚	
DFPZ-055	大洋芋					✚		GWCL-280	shan					✚	

DFPZ-066	贡山毒洋芋					✚		GWCL-281	日本粉皮	✚	✚	✚	✚	✚
DFPZ-067	广南武鸣县一号					✚		GWCL-282	日本紫皮	✚	✚	✚	✚	✚
DFPZ-078	黄心洋芋				✚			GWCL-283	RB-11	✚	✚	✚	✚	
DFPZ-079	会泽红					✚		GWCL-284	RB-12					✚
DFPZ-080	鸡窝洋芋	✚	✚	✚	✚			GWCL-288	RB-18					✚
DFPZ-082	金冠			✚	✚	✚		GWCL-289	RB-20					✚
DFPZ-083	缙云土豆	✚	✚	✚	✚		✚	GWCL-291	RB-4	✚	✚	✚	✚	
DFPZ-087	蓝花贡	✚	✚	✚	✚			GWCL-292	RB-5	✚	✚	✚	✚	
DFPZ-095	马丁红					✚		GWCL-295	KT.3	✚	✚	✚	✚	
DFPZ-098	马蒙洋芋					✚		GWCL-296	KT-3					✚
DFPZ-105	宁仓 3 号	✚	✚	✚	✚			GWCL-298	大西洋	✚	✚	✚	✚	
DFPZ-110	丘北紫	✚	✚	✚	✚			PXCL-001	09173100				✚	✚
DFPZ-119	团 1420			✚				PXCL-003	norland					✚
DFPZ-123	乌沙洋芋麻皮					✚		PXCL-005	克 200858-22	✚	✚	✚	✚	
DFPZ-125	五香洋芋				✚	✚		PXCL-008	CULTRA	✚	✚	✚	✚	✚
DFPZ-130	小糯洋芋	✚	✚	✚	✚			PXCL-013	JW39218					✚
YCPZ-001	东农 303					✚		PXCL-014	JW5109	✚	✚	✚	✚	
YCPZ-003	陇薯 6 号			✚				PXCL-019	63-3					✚
YCPZ-005	天薯 10 号	✚	✚	✚	✚			PXCL-021	HP84					✚
YCPZ-006	天薯 9 号	✚	✚	✚	✚			PXCL-022	178.12					✚
YCPZ-007	冀张薯 12 号	✚	✚	✚	✚			PXCL-023	200.3					✚
YCPZ-008	冀张薯 5 号	✚	✚	✚	✚			PXCL-024	822				✚	✚
YCPZ-009	克新 19 号					✚		PXCL-025	824				✚	✚
YCPZ-013	合作 23					✚		PXCL-029	393160-4					✚
YCPZ-017	早大白				✚	✚		PXCL-030	4-11				✚	
YCPZ-018	紫云 1 号					✚		PXCL-035	Azul SonqoQeqorani				✚	
YCPZ-019	丽薯 10 号					✚		PXCL-036	B57			✚		✚

YCPZ-021	川凉芋 10 号				✚	✚
YCPZ-027	同薯 22 号					✚
YCPZ-028	川芋 50					✚
YCPZ-030	延薯 6 号	✚	✚	✚	✚	
YCPZ-031	延薯 7 号				✚	
YCPZ-034	德薯 3 号					✚
YCPZ-039	黔芋 2 号				✚	✚
YCPZ-040	黔芋 3 号	✚	✚	✚	✚	
YCPZ-045	宣薯 5 号	✚	✚	✚	✚	
YCPZ-046	宣薯 6 号				✚	
YCPZ-047	宣薯 7 号					✚
YCPZ-050	云薯 102				✚	✚
YCPZ-051	云薯 103					✚
YCPZ-052	云薯 104					✚
YCPZ-053	云薯 105					✚
YCPZ-057	云薯 201	✚	✚	✚	✚	
YCPZ-058	云薯 202	✚	✚	✚	✚	
YCPZ-060	云薯 205	✚	✚	✚	✚	✚
YCPZ-061	云薯 301				✚	
YCPZ-063	云薯 304	✚	✚	✚	✚	
YCPZ-065	云薯 401	✚	✚	✚	✚	
YCPZ-066	云薯 501				✚	
YCPZ-067	云薯 502					✚
YCPZ-069	云薯 504	✚	✚	✚	✚	
YCPZ-070	云薯 505	✚	✚	✚	✚	
YCPZ-074	云薯 602					✚
YCPZ-075	云薯 603					✚
YCPZ-078	云薯 606					✚
YCPZ-082	云薯 801					✚
PXCL-037	C1			✚		✚
PXCL-040	D8					✚
PXCL-043	DE10-1037			✚	✚	
PXCL-044	DE10-1078				✚	
PXCL-046	DE11-112-5					✚
PXCL-047	DE11-1262					✚
PXCL-049	DE11-283			✚		
PXCL-050	DE11-49-3					✚
PXCL-051	DE11-69-4			✚		✚
PXCL-053	DE11-77-2				✚	
PXCL-055	DE12-1115					✚
PXCL-056	DEO2-24-24					✚
PXCL-065	G17-10-14					✚
PXCL-067	G17-11-6					✚
PXCL-083	G17-4-18	✚	✚	✚	✚	✚
PXCL-118	GYT306					✚
PXCL-120	JC02-24-40					✚
PXCL-121	JL03-627	✚	✚	✚	✚	
PXCL-122	JN08-46-12					✚
PXCL-124	JZS12 号	✚	✚	✚	✚	
PXCL-125	L0529-2			✚		✚
PXCL-126	LO527-4			✚		
PXCL-127	LO528-3	✚	✚	✚	✚	
PXCL-129	Lu10-177					✚
PXCL-130	LU10-29					✚
PXCL-131	Lu10-36					✚
PXCL-132	LU10-36St					✚
PXCL-133	LU10-41			✚	✚	
PXCL-134	Lu11-177					✚

YCPZ-084	镇薯 1 号					+
YCPZ-087	郑薯 1 号					+
YCPZ-089	中薯 17 号	+	+	+	+	
YCPZ-090	中薯 18					+
YCPZ-093	中薯 20 号	+	+	+	+	+
YCPZ-094	中薯 5 号	+	+	+	+	+
GWCL-001	99-12-2④	+	+	+	+	
GWCL-002	呼 9-1③					+
GWCL-003	300135.14					+
GWCL-004	301029.18					+
GWCL-005	302278.28	+	+	+	+	+
GWCL-006	302280.14	+	+	+	+	+
GWCL-009	302281.15	+	+	+	+	+
GWCL-010	302281.18	+	+	+	+	+
GWCL-013	302281.39					+
GWCL-014	302282.28	+	+	+	+	+
GWCL-020	302288.42	+	+	+	+	+
GWCL-021	302289.32	+	+	+	+	
GWCL-022	302289.41	+	+	+	+	+
GWCL-025	302290.23	+	+	+	+	
GWCL-026	302293.22	+	+	+	+	
GWCL-027	302295.32					+
GWCL-028	302297.35	+	+	+	+	
GWCL-030	302298.17					+
GWCL-032	302298.42					+
GWCL-033	302298.44	+	+	+	+	
GWCL-034	302299.13	+	+	+	+	+
GWCL-035	302299.16	+	+	+	+	
GWCL-037	302301.19			+		
PXCL-135	LU11-321					+
PXCL-136	LU11-743					+
PXCL-137	OI-45	+	+	+	+	
PXCL-138	ON-7	+	+	+	+	+
PXCL-139	P02-50-1	+	+	+	+	
PXCL-141	P175-2			+		
PXCL-143	P190-4					+
PXCL-146	PB-3					+
PXCL-147	Pubula	+	+	+	+	
PXCL-148	Pucallid				+	+
PXCL-149	Pπ-10					+
PXCL-150	S02-102				+	+
PXCL-151	S02-106					+
PXCL-153	S02-864					+
PXCL-154	S02-91			+		+
PXCL-155	S03-102				+	+
PXCL-156	S03-1184					+
PXCL-159	S03-2348	+	+	+	+	
PXCL-161	S03-2391	+	+	+	+	+
PXCL-164	S03-2794				+	+
PXCL-165	S03-3276（10）					+
PXCL-166	S03-3309	+	+	+	+	+
PXCL-168	S03-64914-z4-3				+	+
PXCL-169	S03-905			+		
PXCL-170	S04-109			+		
PXCL-171	S04-122			+		
PXCL-174	S04-2303	+	+	+	+	+
PXCL-175	S04-2304					+
PXCL-176	S04-2345					+

GWCL-038	302302.11	+	+	+	+			PXCL-180	S04-3417					+	
GWCL-039	302302.25					+		PXCL-181	S04-5682	+	+	+	+	+	
GWCL-040	302302.29					+		PXCL-182	S04-6002					+	
GWCL-041	302305.41					+		PXCL-183	S04-801	+	+	+	+		
GWCL-042	302305.46					+		PXCL-185	S04-969					+	
GWCL-043	302306.33					+		PXCL-186	S05-1375	+	+	+	+		
GWCL-044	302306.36					+		PXCL-187	S05-1669					+	
GWCL-046	306087.132				+			PXCL-188	S05-337					+	
GWCL-050	306416.68				+			PXCL-191	S06-122					+	
GWCL-057	311339.114				+			PXCL-192	S06-1273					+	
GWCL-058	311420.14				+			PXCL-193	S06-1675				+	+	
GWCL-059	311420.19				+			PXCL-194	S06-1698					+	
GWCL-060	311420.74				+			PXCL-197	S08-1244	+	+	+	+		
GWCL-062	311575.64				+			PXCL-201	S10-1617			+		+	
GWCL-063	311612.14				+			PXCL-210	S10-357			+		+	
GWCL-067	395436.8					+		PXCL-211	S10-404-1	+	+	+	+	+	
GWCL-068	396004.337				+			PXCL-212	S10-404-2	+	+	+	+	+	
GWCL-069	396241.4					+		PXCL-215	S10-482			+	+		
GWCL-070	396268.9					+		PXCL-216	S10-499				+	+	
GWCL-071	398098.203					+		PXCL-219	S10-515					+	
GWCL-077	702619				+			PXCL-220	S10-557	+	+	+	+		
GWCL-083	703287				+			PXCL-221	S10-577						+
GWCL-087	703446				+			PXCL-225	S10-676	+	+	+	+	+	
GWCL-100	705483				+			PXCL-226	S10-698					+	
GWCL-103	706190				+			PXCL-229	S10-783	+	+	+	+	+	
GWCL-111	304350.18					+		PXCL-230	S10-786					+	
GWCL-113	304405.42	+	+	+	+	+		PXCL-231	S10-823				+		
GWCL-114	388676.1					+		PXCL-232	S10-993					+	
GWCL-115	391585.5	+	+	+	+			PXCL-235	S11-1258					+	

GWCL-119	394034.65	✚	✚	✚	✚		PXCL-236	S11-1297	✚	✚	✚	✚	✚	
GWCL-120	394034.7					✚	PXCL-238	S11-1308					✚	
GWCL-121	394613.32					✚	PXCL-239	S11-1431					✚	
GWCL-122	395011.2					✚	PXCL-240	S11-1432			✚		✚	
GWCL-123	395037.107	✚	✚	✚	✚	✚	PXCL-241	S11-1558	✚	✚	✚	✚		
GWCL-125	395109.29					✚	PXCL-243	S11-172					✚	
GWCL-126	395109.34				✚		PXCL-245	S11-2115	✚	✚	✚	✚	✚	
GWCL-127	395112.6					✚	PXCL-246	S11-2182					✚	
GWCL-128	395169.17			✚			PXCL-247	S11-2435					✚	
GWCL-129	396004.225				✚	✚	PXCL-248	S11-2557	✚	✚	✚	✚		
GWCL-130	396009.240	✚	✚	✚	✚		PXCL-250	S11-321			✚		✚	
GWCL-131	396023.109	✚	✚	✚	✚		PXCL-251	S11-403	✚	✚	✚	✚		
GWCL-133	396029.205			✚		✚	PXCL-252	S11-47	✚		✚			
GWCL-137	396034.103					✚	PXCL-253	S11-58	✚		✚	✚		
GWCL-139	396038.105			✚		✚	PXCL-254	S11-847	✚	✚	✚	✚		
GWCL-140	396038.107					✚	PXCL-256	S12-1612	✚	✚	✚	✚		
GWCL-141	396043.226				✚		PXCL-257	S12-1946					✚	
GWCL-142	396244.12				✚	✚	PXCL-259	S12-887			✚		✚	
GWCL-143	396285.1					✚	PXCL-260	S12-962	✚	✚	✚	✚	✚	
GWCL-144	397039.51					✚	PXCL-261	S13-1248					✚	
GWCL-145	397065.2					✚	PXCL-262	S13-1250					✚	
GWCL-146	397079.26					✚	PXCL-263	S13-1286				✚	✚	
GWCL-147	397079.6					✚	PXCL-264	S13-1331			✚	✚		
GWCL-149	398190.735					✚	PXCL-265	S13-181					✚	
GWCL-156	G06-36-1					✚	PXCL-266	S13-1998					✚	
GWCL-157	G06-36-22	✚	✚	✚	✚		PXCL-268	S13-357				✚	✚	
GWCL-158	G06-38-2（大）					✚	PXCL-269	S13-413					✚	
GWCL-160	G06-49-21	✚	✚	✚	✚	✚	PXCL-270	S13-421			✚	✚		
GWCL-163	Amandine	✚	✚	✚	✚		PXCL-271	S13-592	✚	✚	✚			✚

GWCL-164	Arietis	+	+	+	+			PXCL-272	S13-601					+
GWCL-165	Asterix	+	+	+	+			PXCL-273	S13-65					+
GWCL-166	Axelle	+	+	+	+			PXCL-275	S13-694	+	+	+	+	+
GWCL-168	Colorado	+	+	+	+	+		PXCL-277	S13-848			+		+
GWCL-169	Fitis					+		PXCL-278	S14-1747				+	+
GWCL-170	Flaive	+	+	+	+			PXCL-280	S14-866					+
GWCL-171	Fontane	+	+	+	+			PXCL-281	S14-867				+	+
GWCL-173	IPT1-1	+	+	+	+			PXCL-282	S14-9					+
GWCL-174	kikko					+		PXCL-283	S15-1722	+	+	+		
GWCL-176	Melody	+	+	+	+	+		PXCL-284	S15-1957					+
GWCL-177	Milva	+	+	+	+			PXCL-285	S15-2443			+		
GWCL-187	Rodriga	+	+	+	+			PXCL-286	S15-2818					+
GWCL-189	Vitesse	+	+	+	+			PXCL-287	S15-603				+	
GWCL-191	何 18			+	+			PXCL-288	S15-609	+	+	+		+
GWCL-194	何 80					+		PXCL-289	S16-105					+
GWCL-196	37					+		PXCL-290	S16-744					+
GWCL-198	CDH10	+	+	+	+			PXCL-294	TN18	+	+	+	+	
GWCL-203	JN-115					+	+	PXCL-295	TN22				+	
GWCL-204	JN-15	+	+	+	+			PXCL-296	TN40					+
GWCL-210	JN-45	+	+	+	+	+		PXCL-298	TS03-136					+
GWCL-213	JN-54					+		PXCL-301	ZY-8	+	+	+	+	+
GWCL-214	JN56	+	+	+	+	+		PXCL-304	天 05-7-35					+
GWCL-217	JN-69					+		PXCL-307	威芋 51-1					+
GWCL-219	JN-83				+	+		PXCL-308	宜 4	+	+	+	+	
GWCL-225	SP213	+	+	+			+	PXCL-314	D597	+	+	+	+	
GWCL-226	SP241	+	+	+			+	PXCL-315	F-2				+	
GWCL-227	SP288	+	+	+	+			PXCL-317	H-1			+		
GWCL-228	SP327	+	+	+			+	PXCL-319	Lengua de Venado					+

GWCL-241	11364-48					✚	PXCL-321	Pucalliclla				✚	✚
GWCL-243	320-02	✚	✚	✚	✚	✚	PXCL-322	SA-2563					✚
GWCL-245	DW84-1457				✚		YSZ-003	Solanum berthautii	✚	✚	✚	✚	
GWCL-247	W5281.2				✚								

注：“✚”表示供试材料含有该分子标记

Notes: “✚” denotes the molecular marker is presentin the materials.

3 讨论

Dandurand 等[21]研究表明马铃薯孢囊线虫是高度特化地、专一性地寄生在茄科植物中，马铃薯是具有经济价值的茄科植物。Grenier 等[22]研究表明栽培马铃薯起源于南美洲安第斯山脉，与宿主协同进化的马铃薯孢囊线虫同样起源于安第斯山脉。Gartner 等[5]研究表明目前已知的马铃薯孢囊线虫抗性基因来源于马铃薯野生种或栽培种安第斯亚种（*S. tuberosum* subsp. *andigena*）。Sukhotu 等[23]研究表明安第斯亚种与现代栽培种亲缘关系更近，是马铃薯抗病性改良常用的材料。Ellenby 等[24]从安第斯亚种自交后代中筛选到 1 份高抗马铃薯金线虫材料 CPC 1673，该材料中的主效抗性基因即 *H1*，Toxopeus 等[25]与 Dandurand 等[22]研究发现 *H1* 被广泛用于马铃薯金线虫抗性品种的创制。Paal 等[16]研究表明抗性基因 Gro1-4 来源于马铃薯野生种 *S. spegazzinii*，是两个已被克隆的马铃薯孢囊线虫抗性基因之一，也是常用的马铃薯品种金线虫抗性来源。van der Voort 等[26]研究表明另外一个被克隆的马铃薯孢囊抗性基因为 *Gpa2*，同样是来自马铃薯栽培种安第斯亚种。选择含有抗性基因的亲本对马铃薯孢囊线虫抗性育种具有重要的意义。

云南省农业科学院马铃薯资源库保存的种质资源主要有地方品种（云南地方品种为主）、来自国内育种单位的马铃薯品种、来自国际马铃薯中心、加拿大、荷兰、美国等国家和地区引进资源、云南省农业科学院自育品系、部分无法考证来源的品系资源和马铃薯野生种。地方品种中能够检测到的马铃薯孢囊线虫分子标记最低，仅为 18.5%。云南是我国较早种植马铃薯的省份，据记载 1848 年以前已有不同品种。孙等[27]研究表明长期以来，各少数民族区域仍保留着丰富多彩的地方品种。20 世纪初，英国和荷兰马铃薯育种家将 *S. tuberosum* ssp. *Andigena* CPC 1673 自交后代的种子寄到美国，美国马铃薯育种家开始选育马铃薯孢囊线虫抗性品种。欧州和北美国家是最早开始选育抗性品种，而我国的地方品种可能在携带抗性基因的马铃薯资源传入之前就在当地种植，因此仅有少数品种中含有抗性基因。但是，缙云土豆是一份值得关注的地方资源，该品种中含有 *H1* 和 *Gro1-4* 的分子标记。近 50%的国内品种含有 *H1* 和 *Gpa2*，但是，缺乏 *Gro1-4* 基因，国内马铃薯育种单位应拓宽马铃薯育种亲本的遗传背景。国外资源材料中，来自荷兰的马铃薯含有的抗性标记的数量最多（48.49%），荷兰是最早开始选育马铃薯孢囊线虫抗性品种的国家之一。本研究中，

引进的国外材料中有159份材料来自国际马铃薯中心，该中心是云南省农业科学院引进国外材料的主要来源。Brodie等[28]与Ortiz等[29]研究表明前人对引自国际马铃薯中心的资源也利用分子标记进行了抗马铃薯孢囊线虫材料的筛选，但是，本研究中所选用的材料是首次用于抗马铃薯孢囊线虫资源筛选。云南省农业科学院保存的品系材料中，50.15%的材料含有抗性标记，特别是S13-592和S10-577含有Gro1-4-1标记，这些品系材料是云南省马铃薯孢囊线虫抗性品种选育的宝贵资源。云南省农业科学院保存的马铃薯野生资源中抗性标记少，应该加强对含有马铃薯孢囊线虫抗性基因野生资源如*S. spegazzinii*、*S. multidissectum*、*S. tarijense*、*S. vernei*等的引进，以拓宽马铃薯孢囊线虫抗性品种亲本的遗传背景。

分子标记的可靠性是准确鉴定和筛选马铃薯孢囊线虫抗性材料的前提。Vinay等[30]与Gartner等[5]研究发现由于世界范围内马铃薯金线虫生理小种仍以Ro1为主，*H1*对Ro1表现出极端抗性，该基因是欧洲和北美马铃薯品种中主要抗性来源。为了增加分子标记筛选H1的可靠性，本研究选用了4个分子标记对供试材料进行检测。研究发现除了在S11-47和S11-58中仅检测到N146之外，N146和N195在120份材料中同时检测到目的条带。Asano等[12]研究表明N146和N195是与*H1*紧密连锁的分子标记，重组率仅为0.109%和0.207%，与前人的报道一致。。在检测到N146和（或）N195的122份材料中，同时能够检测到57R；并且在34份没有检测到N146或N195材料检测到57R，其中，7份材料中同时检测到TG689，27份材料中仅检测到57R。在检测到N146和（或）N195的材料中，115份材料能够同时检测TG689，另外在7份材料中同时检测到57R，55份材料仅检测到TG689。由此可见，不同的分子标记筛选的含有*H1*抗性基因的材料数量存在差异，哪个分子标记筛选的材料更加可靠呢？Schultz等[13]通过比较TG689和57R在300多份马铃薯抗、感材料中的诊断能力，发现57R表现更加优秀，建议将该分子标记作为高通量筛选马铃薯孢囊线虫抗性材料的标记。Park等[15]比较38个马铃薯品种和350份谱系材料中57R和TG689对抗、感材料中的预测。结果表明，二者对抗性材料的预测概率都很高，分别为99.7%和98.3%，而对感病材料的预测偏低，分别为47%和41%。结合本研究结果和前人的报道，认为TG689和57R假阳性偏高，建议使用N146和N195筛选含有*H1*的抗马铃薯孢囊线虫种质资源。本研究的不足之处在于，没有对含有马铃薯孢囊线虫抗性基因分子标记的材料，进行田间病圃的抗性评价或人工接种马铃薯孢囊线虫的抗性鉴定。下一步结合表型抗性评价，将精确地筛选出马铃薯孢囊线虫育种可利用的种质资源。

Paal等[16]与Dandurand等[21]研究表明随着马铃薯孢囊线虫生理小种的进化，需要利用除*H1*之外更多的马铃薯金线虫抗性基因，*Gro1-4*是马铃薯金线虫抗性育种中受关注的基因，Gro1-4-1是常用的分子标记。本研究中仅检测到7份材料中含有Gro1-4-1，占所有供试材料的0.80%。Asano等[12]对812份马铃薯种质资源进行Gro1-4-1筛选，在这些材料中没有发现该分子标记。他们认为日本用于创制马铃薯金线虫抗性资源的遗传背景非常狭窄，这种局面将不利于选育新的马铃薯金线虫抗性品种。本研究中3份引自加拿大的资源、1份引自荷兰的资源、1份地方品种缙云土豆和2份云南省农业科学院自育品系中检测到Gro1-4-1，这

些材料将是用于创制新的马铃薯金线虫抗性品种的宝贵资源。

马铃薯白线虫生理小种复杂，防治难度更大。彭等[31]研究发现我国暂未有该线虫分布的报道，但是，随着全球贸易往来的增多，马铃薯白线虫入侵的风险日益增大。Dandurand 等[21]研究表明 *Gpa2* 是重要的马铃薯白线虫抗性基因，Gpa2-2 也是筛选该基因常用的分子标记。Gpa2-2 是供试材料中检出率最高的分子标记（237 份），并且 78 份材料中同时检测到含有 H1 分子标记，在 Asano 等[12]的研究中也出现类似的结果。van der Voort 等[26]研究表明 *H1* 和 *Gpa2* 二者是同时被导入到马铃薯孢囊线虫抗性育种材料中，这可能是由于 *H1* 和 *Gpa2* 都是来自 *S. tuberosum* ssp. *andigena*CPC 1673 的原因。

参考文献

[1] EPPO. PM 7/40 (4) *Globodera rostochiensis* and *Globodera pallida*.EPPO Bulletin, 2017, 47(2): 174-197.

[2] Evans K, Brodie B B. The origin and distribution of the golden nematode and its potential in the USA. American Potato Journal, 1980, 57(3): 79-89.

[3] Hodda M, Cook D C. Economic impact from unrestricted spread of potato cyst nematodes in Australia. Phytopathology, 2009, 99(12): 1387-1393.

[4] Jiang R, Peng H, Li Y Q, Liu H, Zhao S Q, Long H B, Hu X Q, Ge J J, Li X Y, Liu M Y, Shao B-l, Peng D-l. First record of the golden potato nematode *Globodera rostochiensis* in Yunnan and Sichuan provinces of China. Journal of Integrative Agriculture, 2022, 21(3): 898-899.

[5] Gartner U, Hein I, Brown L H, Chen X, Mantelin S, Sharma S K, Dandurand L M, Kuhl J C, Jones J T, Bryan G J, Blok V C. Resisting potato cyst nematodes with resistance. Frontiers in Plant Science, 2021, 12(483).

[6] Milczarek D, Podlewska-Przetakiewicz A, Plich J, Tatarowska B, Flis B. The relations of broad nematode resistance to quality characteristics as a consequence of marker-assisted selection in potato breeding programs. Breed Sci, 2021, 71(5): 609-614.

[7] Vinay B, Rajappa U, Reena S, Kaushik S, Joseph T, Singh B, Gebhardt C. Potato cyst nematode (PCN) resistance: genes, genotypes and markers-an update. SABRAO Journal of Breeding and Genetics, 2012, 44(2): 202-228.

[8] Bakker E, Achenbach U, Bakker J, Van Vliet J, Peleman J, Segers B, Van Der Heijden S, Van Der Linde P, Graveland R, Hutten R, Van Eck H, Coppoolse E, Van Der Vossen E, Bakker J, Goverse A. A high-resolution map of the *H1* locus harbouring resistance to the potato cyst nematode *Globodera rostochiensis*. Theoretical and Applied Genetics, 2004, 109(1): 146-152.

[9] Finkers-Tomczak A, Bakker E, De Boer J, Van Der Vossen E, Achenbach U, Golas T, Suryaningrat S, Smant G, Bakker J, Goverse A. Comparative sequence analysis of the potato cyst nematode resistance locus *H1* reveals a major lack of co-linearity between three haplotypes in potato (*Solanum tuberosum* ssp.). Theoretical and Applied Genetics, 2011, 122(3): 595-608.

[10] Milczarek D, Flis B, Przetakiewicz A. Suitability of molecular markers for selection of potatoes resistant to *Globodera* spp. American Journal of Potato Research, 2011, 88(3): 245-255.

[11] Mori K, Sakamoto Y, Mukojima N, Tamiya S, Nakao T, Ishii T, Hosaka K. Development of a multiplex PCR method for simultaneous detection of diagnostic DNA markers of five disease and pest resistance genes in potato. Euphytica, 2011, 180(3): 347-355.

[12] Asano K, Kobayashi A, Tsuda S, Nishinaka M, Tamiya S. DNA marker-assisted evaluation of potato genotypes for potential resistance to potato cyst nematode pathotypes not yet invading into Japan. Breed Sci, 2012, 62(2): 142-150.

[13] Schultz L, Cogan N O I, McLean K, Dale M F B, Bryan G J, Forster J W, Slater A T. Evaluation and implementation of a potential diagnostic molecular marker for *H1*-conferred potato cyst nematode resistance in potato (*Solanum tuberosum* L.). Plant Breeding, 2012, 131(2): 315-321

[14] Meiyalaghan S, Paget M, Thompson S, Thomson S, Baldwin S, Anderson J, Genet R, Lewthwaite S. High resolution DNA melting markers for identification of *H1*-linked resistance to potato cyst nematode. Molecular Breeding, 2018, 38(6): 79.

[15] Park J, Yang H, De Jong W S, Wang X. An evaluation of two H1-linked markers and their suitability for selecting *Globodera rostochiensis* resistant potatoes in the New York breeding program. American Journal of Potato Research, 2018, 95(2): 170-177.

[16] Paal J, Henselewski H, Muth J, Meksem K, Menéndez C M, Salamini F, Ballvora A, Gebhardt C. Molecular cloning of the potato *Gro1-4* gene conferring resistance to pathotype Ro1 of the root cyst nematode *Globodera rostochiensis*, based on a candidate gene approach. The Plant Journal, 2004, 38(2): 285-297.

[17] Sharma R, Bhardwaj V, Dalamu D, Kaushik S K, Singh B P, Sharma S, Umamaheshwari R, Baswaraj R, Kumar V, Gebhardt C. Identification of elite potato

genotypes possessing multiple disease resistance genes through molecular approaches. Scientia Horticulturae, 2014, 179: 204-211.

[18] Sudha R, Venkatasalam E P, Bairwa A, Bhardwaj V, Dalamu, Sharma R. Identification of potato cyst nematode resistant genotypes using molecular markers. Scientia Horticulturae, 2016, 198: 21-26.

[19] Van Der Vossen E A G, Van Der Voort J N A M R, Kanyuka K, Bendahmane A, Sandbrink H, Baulcombe D C, Bakker J, Stiekema W J, Klein-Lankhorst R M. Homologues of a single resistance-gene cluster in potato confer resistance to distinct pathogens: a virus and a nematode. The Plant Journal, 2000, 23(5): 567-576.

[20] Rogozina E V, Terentjeva E V, Potokina E K, Yurkina E N, Nikulin A V, Alekseev Y I. Multiplex pcr-based identification of potato genotypes as donors in breeding for resistance to diseases and rests. Sel'skokhozyaistvennaya Biologiya, 2019, 54(1): 19-30.

[21] Dandurand L M, Zasada I A, Wang X, Mimee B, Jong W D, Novy R, Whitworth J, Kuhl J C. Current status of potato cyst nematodes in north America. Annual Review of Phytopathology, 2019, 57(1): 117-133.

[22] Grenier E, Fournet S, Petit E, Anthoine G. A cyst nematode species factory called the Andes. Nematology, 2010, 12(2): 163-169.

[23] Sukhotu T, Hosaka K. Origin and evolution of andigena potatoes revealed by chloroplast and nuclear DNA markers. Genome, 2006, 49(6): 636-647.

[24] Ellenby C. Resistance to the potato root eelworm, *Heterodera rostochiensis* Wollenweber.Nature, 1952, 170(4337): 1016-1016.

[25] Toxopeus H J, Huijsman C A. Breeding for resistance to potato root eelworm. Euphytica, 1953, 2(3): 180-186.

[26] Van Der Voort J R, Wolters P, Folkertsma R, Hutten R, Van Zandvoort P, Vinke H, Kanyuka K, Bendahmane A, Jacobsen E, Janssen R, Bakker J. Mapping of the cyst nematode resistance locus *Gpa2* in potato using a strategy based on comigrating AFLP markers. Theoretical and Applied Genetics, 1997, 95(5): 874-880.

[27] 孙茂林, 李云海， 李先平. 云南马铃薯栽培历史、耕作制度和民族特色的地方品种资源. 中国农史, 2004, (4): 14-18.

Sun M L, Li Y H, Li X P. The History, Planting systems and native variety resoures of potato in Yunnan. History of Chinese Agriculture, 2004, (4): 14-18.

[28] Brodie B B, Plaisted R L, De Scurrah M M. The Incorporation of Resistance to *Globodera Pallida* into Solanum Tuberosum Germplasm Adapted to North America. American Potato Journal, 1991: 1-11.

[29] Ortiz R, Franco J, Iwanaga M. Transfer of Resistance to Potato Cyst Nematode (*Globodera Pallida*) into Cultivated Potato Solanum Tuberosum through First Division Restitution 2n Pollen. Euphytica , 1997: 339-44.

[30] Vinay B, Rajappa U, Reena S, Kaushik S, Joseph T, Singh B, Gebhardt C. Potato cyst nematode (PCN) resistance: genes, genotypes and markers-an update. SABRAO Journal of Breeding and Genetics, 2012, 44(2): 202-228.

[31] 彭焕, 刘慧, 江如, 葛建军, 赵守歧, 冯晓东, 黄文坤，彭德良. 警惕检疫性有害生物马铃薯孢囊线虫(*Globodera rostochiensis* 和 *G.pallida*)入侵我国. 植物保护, 2020, 46(6): 1-9.

Peng H, Liu H, Jiang R, Ge J J, Zhao S Q, Feng X D, Huang W K, Peng D L. Potential invasion of the potato cyst nematode *Globodera rostochiensis* and *G. pallida* into China. Plant Protection, 2020, 46(6):1-9