

中图分类号: S532 文献标识码: A 文章编号: 1672-3635(2024)02-0151-09

DOI: 10.19918/j.cnki.1672-3635.2024.02.009

‘藏农薯1号’不同级别种薯的病毒种类及生物学性状比较

许娟妮*, 尼玛卓嘎, 曾钰婷, 祁驰恒

(西藏自治区农牧科学院蔬菜研究所, 西藏 拉萨 850000)

摘要: 种薯退化是制约马铃薯(*Solanum tuberosum* L.)产业发展的重要因素, 不同级别种薯播种后在田间发病情况通常差异较大, 进而影响其生物学性状及经济效益。以西藏自治区选育品种‘藏农薯1号’为试验材料, 分析各级种薯(原原种、原种、一级种、二级种)在田间病毒再感染情况, 比较各级种薯植株生长发育、块茎品质和产量等生物学特性。原原种植株中仅检测到马铃薯S病毒, 其他级别种薯植株中可检测到马铃薯卷叶病毒和S病毒。同时, 原原种植株田间马铃薯卷叶病毒和S病毒发病率及病情指数均较低, 二级种则相反。在生长发育过程中, 现蕾期叶片的叶绿素含量和光合速率最高; 随着种薯级别降低, 叶绿素含量和光合速率呈下降趋势, 而株高差异小。不同级别种薯块茎淀粉和干物质含量差异小, 还原糖含量随着种薯级别降低而降低。产量和商品薯率统计结果显示, 原原种最高、二级种最低, 而原种和一级种之间未见显著差异。考虑到种薯成本和经济效益, 在‘藏农薯1号’马铃薯生产中, 种薯应优先选用原种和一级种。

关键词: 种薯; 级别; 病毒; 生长特性; 产量

Comparison of Virus Occurrence and Biological Characters of Different Grades of Seed Potatoes of Variety 'Zangnongshu 1'

XU Juanni*, Nima Zhuoga, ZENG Yuting, QI Chiheng

(Institute of Vegetable Research, Tibet Academy of Agricultural and Animal Husbandry Sciences, Lhasa, Tibet 850000, China)

Abstract: The degradation of seed potatoes (*Solanum tuberosum* L.) is a crucial factor that hinders the development of the potato industry. The disease situation of different grades of seed potatoes in the field after sowing is often varied, impacting their biological characteristics and final economic outcomes. The purpose of this research is to analyze virus reinfection in different grades of seed potatoes (pre-elite, elite, qualified I and qualified II) of the variety 'Zangnongshu 1' after planting in the field, and to compare the growth, tuber quality, and yield. Only potato virus S was detected in the corresponding plants of the pre-elite. However, potato leafroll virus and potato virus S were detected in plants of other grades. At the same time, the incidence and disease index of potato leafroll virus and potato virus S in the pre-elite group were very low, while the qualified II group showed the opposite trend. During the process of plant growth and development, the chlorophyll content and photosynthetic rate of leaves at the budding stage were the highest. The chlorophyll content and photosynthetic rate decreased with the decrease in grades of seed potatoes, while

收稿日期: 2024-03-16

基金项目: 西藏自治区自然科学基金项目(XZ2021ZR0057G)。

作者简介: 许娟妮(1982-), 女, 硕士, 副研究员, 主要从事马铃薯育种工作。

*通信作者(Corresponding author): 许娟妮, E-mail: zhfh2008.ok@163.com。

the plant height showed minimal variation. Although the starch and dry matter contents in potato tubers of different grades showed little difference, the reducing sugar content decreased as the grades of seed potatoes decreased. The statistical results of yield and marketable tuber percentage indicated that the pre-elite group had the highest values, while the qualified II group had the lowest. There was little difference between the elite and qualified I groups. Considering the cost and economic benefit, the seed potatoes of elite and qualified I should be considered in the production of 'Zangnongshu 1'.

Key Words: seed potato; grade; virus; growth characteristic; yield

马铃薯(*Solanum tuberosum* L.)作为粮菜兼用作物, 在中国农业发展和脱贫致富中发挥重要作用^[1]。生产中马铃薯主要由块茎进行无性繁殖, 极易引起种性退化, 导致其品质和产量逐代下降, 严重制约马铃薯产业发展^[2]。国内外研究均已证明, 病毒侵染为马铃薯种薯退化根本原因^[3]。在田间种植过程中, 马铃薯极易感染多种病毒, 包括马铃薯奥古巴花叶病毒(Potato aucuba mosaic virus, PAMV)、马铃薯X病毒(Potato virus X, PVX)、马铃薯S病毒(Potato virus S, PVS)、马铃薯M病毒(Potato virus M, PVM)、马铃薯卷叶病毒(Potato leafroll virus, PLRV)、马铃薯Y病毒(Potato virus Y, PVY)等^[4]。病毒侵染不但影响马铃薯植株生长发育、块茎品质和产量, 且可在马铃薯体内积累增殖, 并通过种薯传递给下一代, 导致马铃薯品种退化^[5]。“脱毒技术”为解决生产中种薯退化有效方法。首先经过茎尖组织培养获得马铃薯脱毒苗, 然后结薯获得原原种, 再依次获得马铃薯原种、一级种、二级种, 最终生产获得马铃薯商品薯^[6]。这套马铃薯脱毒种薯生产流程已被证明具有明显品质和产量优势, 是保持马铃薯优良品种特性的关键途径^[7]。由于病毒清除不彻底或者通过接触传播、蚜虫传播等途径, 导致不同级别种薯播种后在田间的发病情况差异较大, 进而影响其生物学性状及经济效益^[8]。

西藏自治区因气候冷凉、日照辐射强、昼夜温差大, 有利于光合产物积累, 适宜马铃薯种植^[9]。作为重要的粮食、经济作物, 西藏自治区马铃薯种植面积正逐年扩大, 马铃薯新品种不断推新。西藏自治区农牧科学院蔬菜研究所选育的中晚熟马铃薯新品种‘藏农薯1号’, 中抗马铃薯晚疫

病, 结薯集中且整齐, 商品薯率高, 平均产量超3 000 kg/667m²^[10]。本研究分析‘藏农薯1号’各级种薯在田间病毒再侵染情况, 并比较各级种薯植株生长发育、块茎品质、产量等生物学特性。研究结果为科学构建‘藏农薯1号’马铃薯种薯繁育体系、明确种薯使用等级和年限、制定‘藏农薯1号’质量控制体系, 解决西藏自治区马铃薯本地品种退化等问题提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验地位于西藏自治区农牧科学院蔬菜研究所国家现代农业园区试验基地, 海拔高度3 650 m, 年平均气温7.4 ℃, 年降水量为200~510 mm, 降雨集中在6~9月份, 全年日照约3 000 h。试验地平整且具备灌溉条件, 土壤为砂黏土、pH 8.2, 有机质23.5 g/kg, 速效氮120 mg/kg, 速效磷60.8 mg/kg, 速效钾148 mg/kg。

1.2 试验材料及设计

1.2.1 试验材料

供试材料分别为‘藏农薯1号’原原种、原种、一级种、二级种, 均为本课题组繁育、保留的种薯。其中, 原原种重量约20 g为整薯播种, 其他级别种薯小于40 g为整薯播种、大于40 g进行切块播种。

1.2.2 试验设计

试验采用随机区组设计, 3次重复。4个级别种薯株距25 cm, 行距80 cm, 小区面积为16.8 m²。基肥为优质羊粪和马铃薯专用肥(N:P:K=2:1:3), 羊粪用量为1 500 kg/667m², 马铃薯专用肥用量为750 kg/667m², 拌入羊粪后一起作基肥深施。播种

时间为2023年4月21日。

1.2.3 取样

叶片取样分为四个时期，即苗期(6月6日)、现蕾期(6月25日)、盛花期(7月12日)和成熟期(9月23日)。每个时期从各小区选择长势一致植株各20株，每株随机选取第3~8片叶备用。其中，使用四个时期的叶片测定叶绿素含量及光合速率，使用成熟期叶片进行病毒检测。每个小区块茎取自成熟期的20株植株，用以块茎品质指标检测。

1.3 测定指标

1.3.1 病毒检测

参考Kumar等^[11]方法，利用多重PCR技术检测5种马铃薯病毒，包括PAMV、PVX、PVS、PVM和PLRV。具体步骤为：首先利用RNAsimple Total RNA Kit试剂盒提取马铃薯样本总RNA，然后利用FastKing cDNA 第一链合成试剂盒[试剂盒均购自天根生化科技(北京)有限公司]反转录获得cDNA。最后，以cDNA作为模板，利用Taq酶[购自天根生化科技(北京)有限公司]进行多重PCR扩

增，产物使用2.5%琼脂糖凝胶检测。具体引物序列见表1。

1.3.2 发病率与病情指数

发病率=(发病植株数量/植株总数量)×100%；

病情指数= $\sum$ (各病级植株数量×发病级别)/(植株总数量×最高发病级别)×100；

发病率与病情指数在马铃薯植株的成熟期统计。其中，PLRV病毒病各病级症状参照谢奎忠等^[12]方法统计；PVS病毒病各病级症状参照Abad等^[13]方法统计。

1.3.3 叶绿素含量、光合速率与株高测定

叶绿素含量：称取叶片0.20 g，在95%乙醇中研成匀浆，于2 000 r/min离心10 min。取上清，并在波长665、649和470 nm下测定OD值。

叶绿素含量=(13.95×A₆₆₅ - 6.88×A₆₄₉) + (24.96×A₆₄₉ - 7.32×A₆₆₅)。

光合速率：采用光合速率测定仪(Li-6400, LI-COR, 美国)测量。

株高(cm)：测量主茎从地面至生长点的高度。

表1 马铃薯病毒基因与内参基因引物序列

Table 1 Primer sequences of potato virus gene and internal reference gene

病毒类型 Species of virus	引物名称 Name of primer	引物序列 Sequence of primer	目的片段(bp) Target product
马铃薯X病毒 PVX	PVX-F	CACTGCAGGCGCAACTCC	565
	PVX-R	GTCGTTGGATTGCGCCCT	
马铃薯卷叶病毒 PLRV	PLRV-F	CTAACAGAGTTCAGCCAGTG	452
	PLRV-R	GCACTGATCCTCAGAAGAAT	
马铃薯M病毒 PVM	PVM-F	GCATATATGTGAACCTGGAG	408
	PVM-R	GCGTATTGTGAGCTACCTT	
马铃薯S病毒 PVS	PVS-F	CGTAGAGGAGCATAGAGTTG	363
	PVS-R	GCACACATGATCACCCT	
马铃薯奥古巴花叶病毒 PAMV	PAMV-F	CCTAGATGAGATTGCTTACG	305
	PAMV-R	GTCTGGAATCTCATGCTTC	
马铃薯内参基因 Reference gene of potato	EF1α-F	CTCATTATTGACTCCACCAC	803
	EF1α-R	AACTTAGGCTCCTTCTCAAG	

注：“F”代表上游引物，“R”代表下游引物。

Note: "F" is the forward primer and "R" is the reverse primer.

1.3.4 干物质、淀粉与还原糖含量

干物质含量：采用烘干前后称重法，将块茎

样品放入70℃条件下烘干至恒重。

干物质含量=烘干恒重/初始重量×100%；

块茎淀粉和还原糖含量测定分别使用淀粉含量检测试剂盒和还原糖含量检测试剂盒(试剂盒均购自北京索莱宝科技有限公司), 具体操作及计算方法参照试剂盒说明书。

1.3.5 产量与商品薯率

产量(t/hm²): 称量小区实际收获块茎的重量。

商品薯标准: 将所收获的马铃薯块茎称重, 按照GB/T 31784—2015标准^[4], 大、中薯块茎分别为重量大于150 g和大于75 g的块茎。

商品薯率=大、中薯块茎重量/总重量×100%

1.4 数据分析

试验进行3次生物学重复。试验数据使用平均值±标准误差(SE)表示, 并利用SPSS 22.0软件分析差异显著性($P<0.05$)。

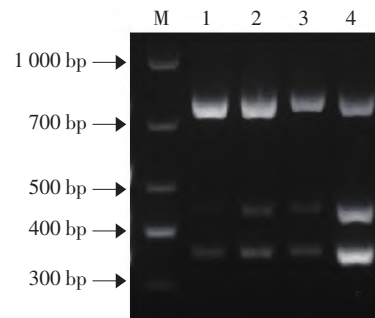
2 结果与分析

2.1 ‘藏农薯1号’不同级别种薯的病毒种类及田间病害分析

为分析‘藏农薯1号’不同级别种薯的病毒种类, 利用多重PCR技术, 检测常见5种马铃薯病毒, 即PVX、PLRV、PVM、PVS和PAMV。PCR产物跑胶显示(图1), 各个级别马铃薯植株均包含长度在800 bp左右的内参基因片段, 说明RNA提

取及PCR扩增成功。

进一步分析5种病毒的检测结果发现, 原原种植株仅检测到PVS; 原种、一级种和二级种检测到PVS和PLRV; 各级别马铃薯植株均未检测到PVX、PVM及PAMV(表2)。说明在‘藏农薯1号’各级种薯对应植株中, 主要检测到PLRV和PVS两种病毒, 且种薯级别越低, 病毒种类越多。



注: M. marker(1 000 bp), 1~4. 原原种、原种、一级种、二级种。

Note: M. marker (1 000 bp), 1~4. pre-elite, elite, qualified I, and qualified II.

图1 ‘藏农薯1号’不同级别种薯5种病毒的PCR产物跑胶图

Figure 1 PCR detection of five viruses from different grades of seed potatoes of variety 'Zangnongshu 1'

表2 ‘藏农薯1号’不同级别种薯5种病毒的检测结果

Table 2 Analysis on the detection results of five viruses in different grades of seed potatoes of variety 'Zangnongshu 1'

种薯级别 Virus-free grade	马铃薯X病毒 PVX	马铃薯卷叶病毒 PLRV	马铃薯M病毒 PVM	马铃薯S病毒 PVS	马铃薯奥古巴花叶病毒 PAMV
原原种 Pre-elite	-	-	-	+	-
原种 Elite	-	+	-	+	-
一级种 Qualified I	-	+	-	+	-
二级种 Qualified II	-	+	-	+	-

注: “-”代表未检测到病毒, “+”代表检测到该病毒。

Note: “-” indicates that no virus is detected; “+” indicates that the virus is detected.

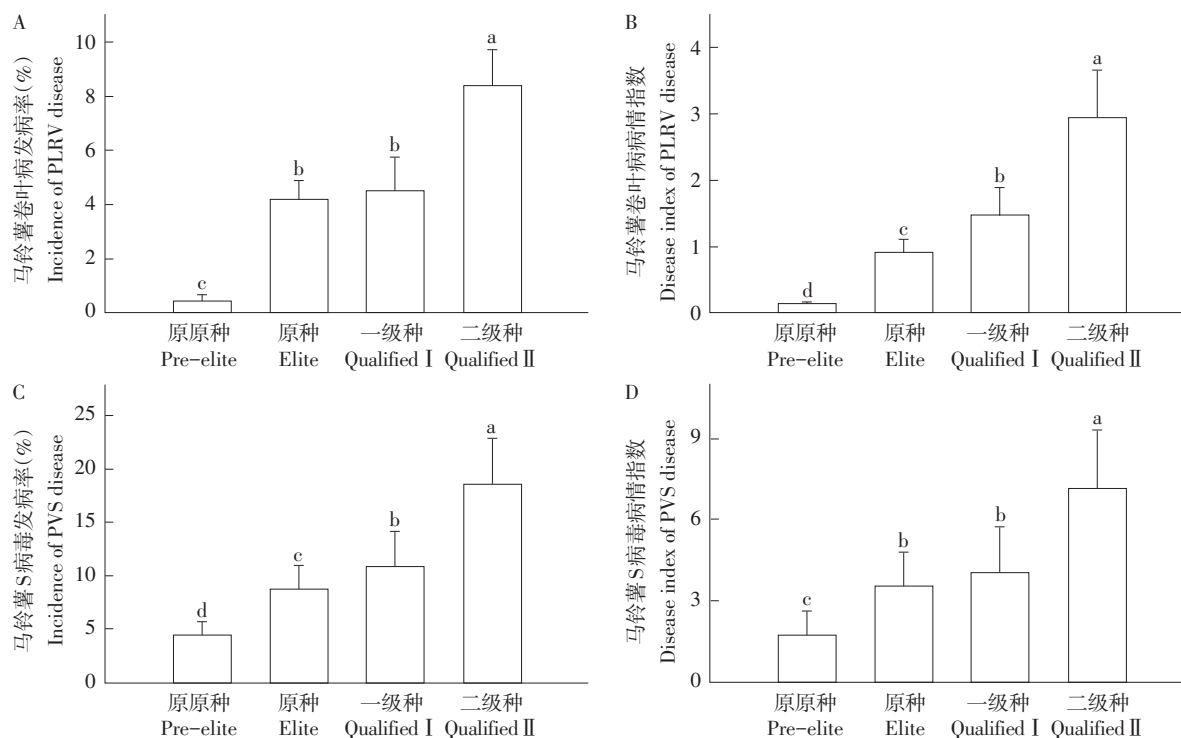
为分析‘藏农薯1号’各级种薯植株田间病害情况, 进一步统计了田间PLRV和PVS病毒病发病率与病情指数(图2)。原原种种薯田间种植后植株PLRV病毒病的发病率和病情指数均较低, 且显著低于其他3个级别种薯。相反, 二级种植株PLRV

病毒病的发病率和病情指数均显著高于其他3个级别种薯。原种PLRV病毒病病情指数稍低于一级种, 但二者发病率没有显著差异(图2A、图2B)。

原原种植株PVS病毒病的发病率和病情指数均显著低于其他3个级别种薯。相反, 二级种植株

PVS病毒病的发病率和病情指数均显著高于其他3个级别种薯。虽然原种植株PVS病毒病发病率稍低于一级种, 但二者的病情指数无显著差异

(图2C、图2D)。说明‘藏农薯1号’原原种植株的发病率和病情指数均显著低于其他3个级别种薯, 而二级种则相反。



注: 误差条代表3次重复的标准误差。不同小写字母表示处理间有显著差异($P<0.05$), 处理平均值多重比较采用Duncan's法。下同。

Note: Error bar represents standard error for three replicates. Different lowercase letter denotes significant difference ($P<0.05$) as tested using Duncan's multiple range test method. The same below.

图2 ‘藏农薯1号’不同级别种薯马铃薯卷叶病的发病率(A)及病情指数(B)、马铃薯S病毒病的发病率(C)及病情指数(D)

Figure 2 Incidence (A) and disease index (B) of PLRV disease and incidence (C) and disease index (D) of PVS disease in different grades of seed potatoes of variety 'Zangnongshu 1'

2.2 ‘藏农薯1号’不同级别种薯的植株生长性状比较

为分析‘藏农薯1号’各级种薯植株生长情况, 检测了4个时期(苗期、现蕾期、盛花期、成熟期)的叶片叶绿素含量、光合速率以及植株株高(图3)。在生长发育过程中, 叶片叶绿素含量呈现先升后降趋势, 其中, 现蕾期叶片叶绿素含量最高。此外, 除苗期、盛花期和成熟期原种外, 原原种叶片叶绿素含量均显著高于其他3个级别种薯。相反, 二级种叶绿素含量显著低于其他3个级别种薯(苗期、现蕾期和成熟期一级种和现蕾期原

种除外)。在成熟期, 原种叶片叶绿素含量显著高于一级种, 而苗期原原种和原种的叶片叶绿素含量显著高于一级种和二级种(图3A)。

叶片光合速率呈先升后降趋势, 其中, 现蕾期叶片光合速率最高。从现蕾期开始, 原原种叶片光合速率均显著高于其他3个级别种薯。相反, 二级种叶片光合速率显著低于其他3个级别种薯(成熟期一级种除外)。同时, 在成熟期, 原种叶片光合速率也显著高于一级种, 虽然其他时期二者差异并不显著(图3B)。

在生长发育过程中, 各级种薯植株的株高逐

渐增加, 尤其是从苗期到盛花期。虽然各级种薯植株的株高有所波动, 但各时期整体差异程度小(图3C)。说明‘藏农薯1号’各级种薯植株生长差异

主要体现在叶片叶绿素含量和光合速率变化上, 株高差异小。随着种薯级别降低, 叶片叶绿素含量和光合速率呈下降趋势。

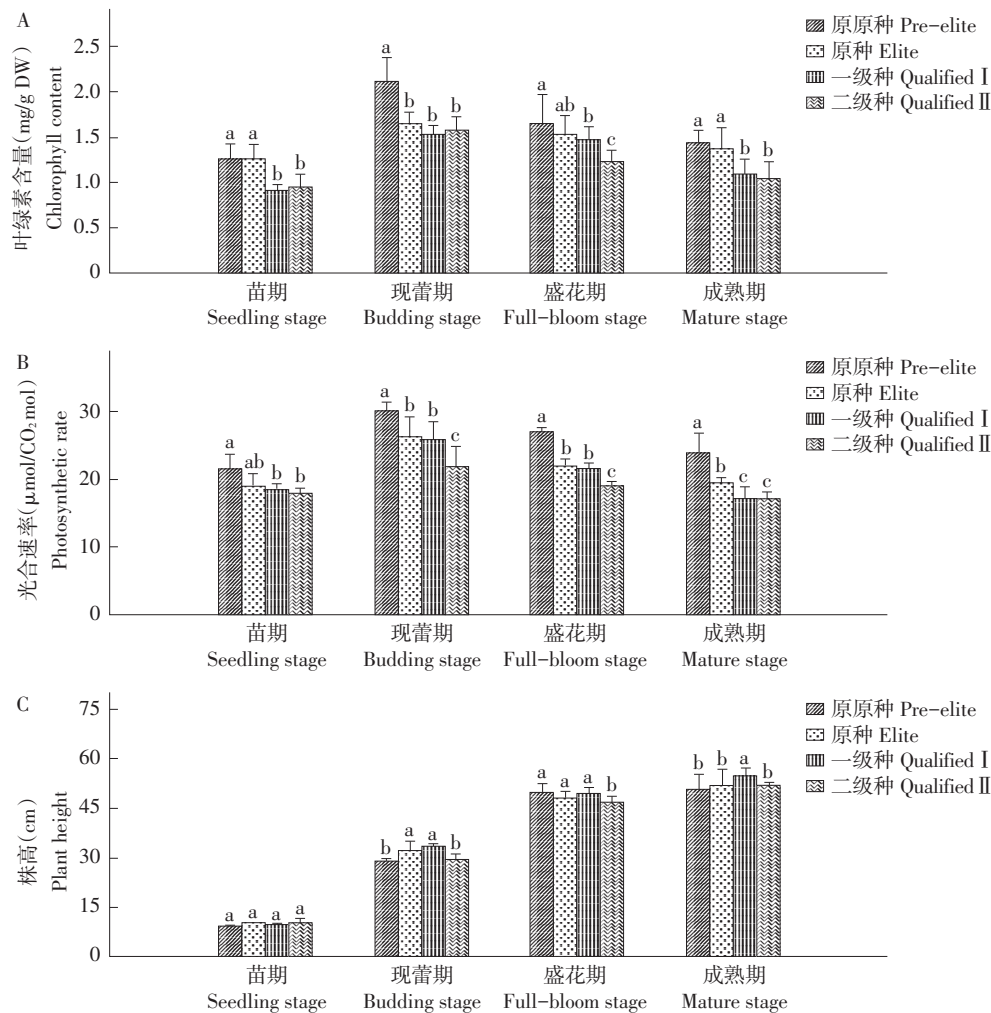


图3 ‘藏农薯1号’不同级别种薯植株的叶绿素含量(A)、光合速率(B)和株高(C)

Figure 3 Chlorophyll content (A), photosynthetic rate (B) and plant height (C) in different grades of seed potatoes of variety 'Zangnongshu 1'

2.3 ‘藏农薯1号’不同级别种薯的块茎品质性状比较

为分析‘藏农薯1号’各级种薯块茎品质, 检测了块茎干物质、淀粉和还原糖含量(图4)。原原种和原种块茎干物质含量显著高于一级种和二级种。其中, 原原种干物质含量比二级种高12%(图4A)。各个级别种薯块茎淀粉含量差异小, 其

中, 二级种块茎淀粉含量较其他3个级别稍低(一级种除外)(图4B)。原原种块茎还原糖含量显著高于其他3个级别的种薯, 比二级种高32%(图4C)。说明随着‘藏农薯1号’种薯级别的降低, 块茎干物质、淀粉及还原糖含量稍有下降, 还原糖含量差异程度稍大, 而淀粉和干物质含量差异程度小。

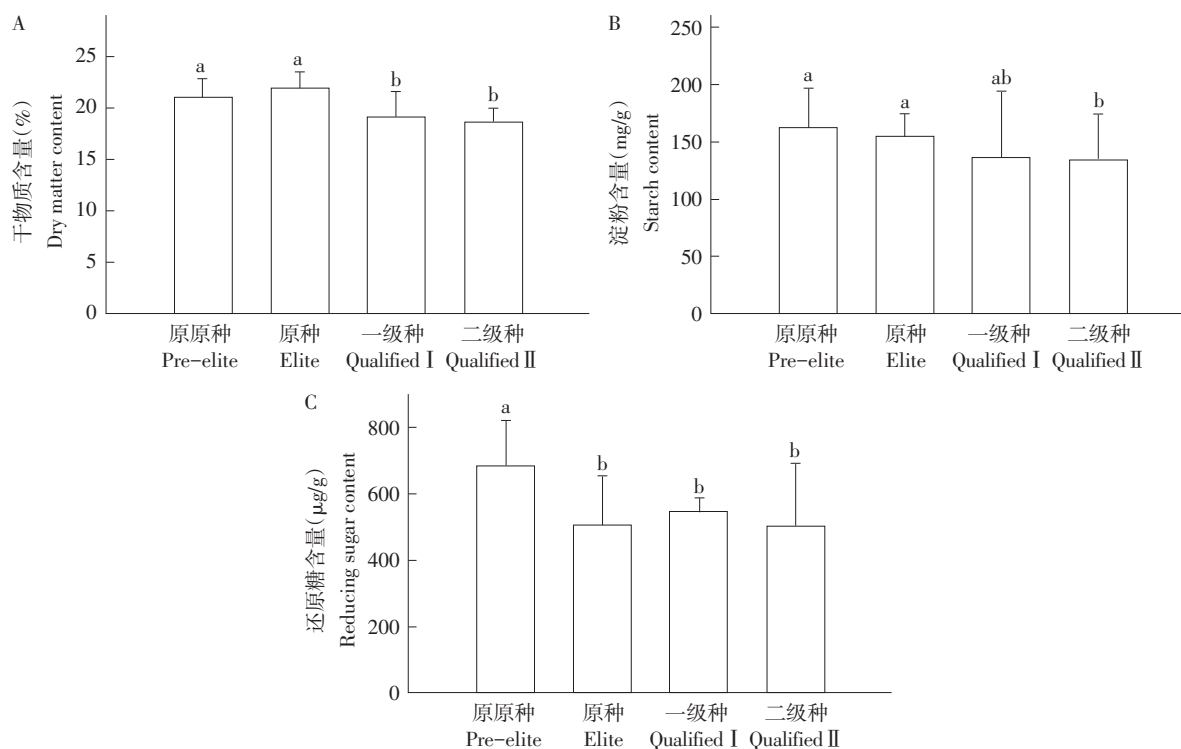


图4 ‘藏农薯1号’不同级别种薯块茎的干物质含量(A)、淀粉含量(B)和还原糖含量(C)

Figure 4 Dry matter content (A), starch content (B) and reducing sugar content (C) of tuber in different grades of seed potatoes of variety 'Zangnongshu 1'

2.4 ‘藏农薯1号’不同级别种薯对产量和商品薯率的影响

为分析‘藏农薯1号’各级种薯对经济指标的影响,统计马铃薯的产量和商品薯率(图5)。原原种的产量和商品薯率均显著高于其他3个级别种薯(商品薯率一级种除外)。其中,原原种的产量和商

品薯率分别比二级种高25%和19%。相反,二级种的产量和商品薯率均显著低于其他3个级别的种薯。原种和一级种的产量和商品薯率均未见显著差异(图5A、图5B)。结果表明,‘藏农薯1号’原原种的产量和商品薯率最高,二级种的最低,而原种和一级种之间未见显著差异。

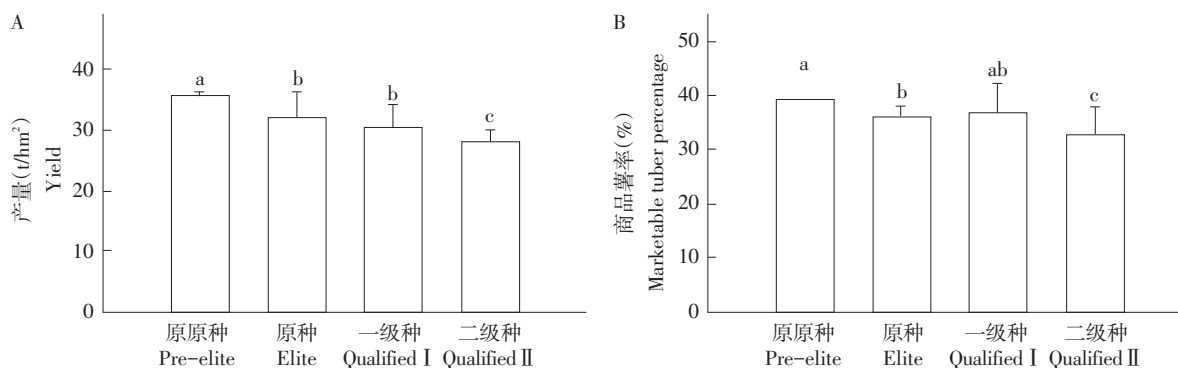


图5 ‘藏农薯1号’不同级别种薯的产量(A)和商品薯率(B)

Figure 5 Yield (A) and marketable tuber percentage (B) of different grades of seed potatoes of variety 'Zangnongshu 1'

3 讨 论

马铃薯退化主要表现为病害逐代增多、品质和产量逐代下降^[12]。虽然多种因素可导致马铃薯退化, 但作为无性繁殖作物, 由病毒病引起的退化是影响生产的关键因素^[3]。经脱毒技术处理后, 种薯品质显著高于未脱毒种薯, 但不同级别种薯之间仍存在显著差异^[15]。本研究发现, ‘藏农薯1号’各级种薯在田间种植后, 病毒种类、发病率和病情指数均存在差异。其中, 原原种植株中仅检测到PVS病毒, 其他3个级别种薯植株中均可检测到PLRV和PVS病毒, 但4个级别种薯植株均未检测到PVX、PVM和PAMV病毒。同时, 田间原原种PLRV和PVS病毒病的发病率和病情指数均较低, 且显著低于其他3个级别种薯, 二级种则相反。这些结果与谢奎忠等^[12]研究结果一致, ‘陇薯3号’马铃薯病毒的种类和发病率随着种薯世代的降低而增大。孟令文等^[15]研究表明, 随着‘早大白’马铃薯种薯级别降低, 病毒感染逐渐加重, 生长发育及产量均受到显著影响。造成不同级别种薯再感染病毒情况出现差异的原因可能有多方面, 如在马铃薯脱毒苗生产过程中, 病毒清除不彻底, 导致种薯的源头包含病毒; 在种薯繁育过程中经接触传播或昆虫传播, 导致种薯携带病毒, 且随脱毒级别降低, 病毒的种类越来越多^[16]。因此, 种薯生产过程中应加强管理, 对组培苗进行严格筛选, 并防止繁育棚室中进入蚜虫, 降低各级种薯病毒再感染概率。此外, 本研究因区位因素和条件限制, 未检测其他如PVY等重要病毒, 在今后的研究中应结合植株症状, 对其他重要病毒作进一步统计和检测。

马铃薯植株遭受病毒侵染后, 地上部分主要表现为植株矮化、分枝减少、叶片叶绿素分布不均匀、斑驳花叶、条斑坏死等症状^[17]。叶绿体作为光合作用场所, 在一定范围内叶绿素含量越高, 净光合速率越大。研究表明, 植物在感染病毒后, 叶绿素分解酶的活性增加, 叶绿素含量显著下降, 进而导致光合作用减弱^[18]。例如, 芜菁花叶病毒通过破坏青菜和芥菜体内叶绿体, 严重影响叶片光合效率^[19]。同样, 感染PVY后, 烟草叶片中

叶绿体的结构和功能被破坏, 导致植株光合作用受到一定抑制^[20]。本研究发现, ‘藏农薯1号’不同级别种薯植株生长发育性状差异与病毒病的病害程度有关, 即在生长发育过程中, 叶片叶绿素含量和光合速率呈先升后降趋势, 其中, 现蕾期叶片光合速率最高。随‘藏农薯1号’种薯级别的降低, 叶片叶绿素含量和光合速率呈下降趋势, 而植株株高差异小。这与郭兴启等^[21]研究结果一致, 脱毒技术通过减轻马铃薯病害程度, 提高生育期叶片叶面积指数, 随着叶绿素含量增加, 净光合速率提高。因此推测, ‘藏农薯1号’不同级别种薯植株的生长发育指标差异是由不同的病毒病病害程度引起。

马铃薯植株遭受病毒侵染后, 地下部分主要表现为块茎体积变小、数量减少等症状, 与健康植株相比, 产量显著下降^[17]。马铃薯块茎干物质、淀粉及还原糖含量是衡量马铃薯品质的重要指标, 尤其是马铃薯淀粉, 在食品工业中应用广泛^[22]。本研究发现, 随着‘藏农薯1号’种薯级别降低, 块茎干物质、淀粉及还原糖含量稍有降低, 还原糖含量差异程度稍大, 但淀粉和干物质含量差异程度小。这与闫耀廷^[23]研究结果相同, 还原糖含量减少可能是马铃薯光合作用受阻、有机物合成降低导致。此外, 产量和商品薯率是衡量马铃薯经济价值的主要指标, 决定马铃薯种植产业经济利益^[24]。本研究发现, ‘藏农薯1号’不同级别种薯植株生产性状差异也与病毒病的病害程度有关, 即‘藏农薯1号’原原种的产量和商品薯率最高, 二级种最低, 而原种和一级种之间差异小。这与刘志超等^[25]研究结果一致, 随种薯级别降低, 块茎产量和商品率均呈降低趋势。谢奎忠等^[12]以及闫耀廷^[23]研究发现, 原原种的产量低于原种而高于一级种。本研究中, 原原种较一级种和二级种产量均稍高。原因可能为本研究选用的原原种种薯重量较高(20 g左右), 而前人研究使用的原原种为10 g左右种薯。马铃薯遭受病毒感染后, 叶绿体被破坏、光合作用受阻, 叶片衰老加速、缩短叶片功能期^[26]。因此, 降低病毒对植株生理活动尤其是光合作用的负面影响, 是提高马铃薯产量和品质的重要途径。

综上所述, 本研究发现‘藏农薯1号’不同级别种薯植株的生物学性状差异与病毒病的病害程度有关。随‘藏农薯1号’种薯级别降低, 病毒的种类越多, 原原种植株田间的发病率和病情指数均较低, 二级种则相反。随着脱毒级别的降低, 叶绿素含量和光合速率呈下降趋势, 块茎还原糖含量也逐渐降低。原原种的产量和商品薯率最高, 二级种则最低, 而原种和一级种之间差异小。考虑到种薯成本和经济效益, 在‘藏农薯1号’马铃薯生产中, 种薯应优先选用原种和一级种。本研究可为科学构建‘藏农薯1号’马铃薯种薯繁育体系、明确种薯的使用级别和年限、解决西藏自治区马铃薯本地品种退化等问题提供理论依据。

【参 考 文 献】

- [1] 吕健菲, 孙一文, 王澳雪, 等. 马铃薯产业发展的农民增收带动效应分析——以甘肃省定西市为例[J]. 中国马铃薯, 2023, 37(6): 560–572.
- [2] 黄强, 欧阳满, 舒婷, 等. 马铃薯种薯退化的可能性因素[J]. 江西农业, 2018(22): 28.
- [3] 杨喜俊. 马铃薯退化原因及防退化技术研究[J]. 农业工程技术, 2018, 38(2): 79.
- [4] 邹莹, 杨立杰, 谢锦, 等. 多重 RT-PCR 同时检测 6 种马铃薯病毒及 1 种类病毒[J]. 植物保护, 2023, 49(6): 164–170, 184.
- [5] 娄树宝, 杨梦平, 邢金月, 等. 马铃薯种质资源抗病毒分子标记辅助筛选[J]. 作物杂志, 2023(4): 65–70.
- [6] 张子怡, 赵玉平, 黄修梅, 等. 马铃薯脱毒种薯——“试管薯”诱导研究进展[J/OL]. 分子植物育种, 1–14[2024–02–17]. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/46.1068.S.20231010.0925.004.html>.
- [7] 庞泽, 田国奎, 王海艳, 等. 我国马铃薯产业发展现状及展望[J]. 中国瓜菜, 2023, 36(7): 148–154.
- [8] 高凡娥. 马铃薯良种繁育与高效栽培技术探讨[J]. 种子科技, 2023, 41(3): 58–60.
- [9] 曾钰婷, 许娟妮, 尼玛卓嘎, 等. 不同施肥组合对马铃薯产量及品质的影响[J]. 安徽农业科学, 2019, 47(24): 165–166, 212.
- [10] 曾钰婷, 许娟妮, 祁弛恒, 等. 马铃薯新品种‘藏农薯1号’的选育[J]. 中国马铃薯, 2020, 34(4): 252–253.
- [11] Kumar R, Jeevalatha A, Baswaraj R, *et al.* A multiplex RT-PCR assay for simultaneous detection of five viruses in potato[J]. Journal of Plant Pathology, 2017, 99: 37–45.
- [12] 谢奎忠, 陆立银, 胡新元, 等. 不同级别脱毒种薯对旱地马铃薯病毒和产量的影响[J]. 中国马铃薯, 2016, 30(6): 330–335.
- [13] Abad J A, Lin Y, Maroon-Lango C J, *et al.* Interception, identification and molecular characterization of three Potato virus S isolates infecting potato germplasm introduced from South America[C]// Annual Meeting of the American-Phytopathological-Society (APS). 2010.
- [14] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局, 中国国家标准化管理委员会. GB/T 31784—2015 马铃薯商品薯分级与检验规程[S]. 北京: 中国标准出版社, 2015.
- [15] 孟令文, 孙恩玉, 于晓莹. 脱毒马铃薯不同世代生长特性及产量的研究[J]. 杂粮作物, 2003(6): 348–349.
- [16] 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(4): 39–41.
- [17] 赵竞, 张磊, 孙平平, 等. 马铃薯病毒及类病毒传毒介体研究进展[J]. 中国马铃薯, 2022, 36(3): 236–255.
- [18] 王军, 赵桂琴, 柴继宽, 等. 大麦黄矮病侵染对燕麦光合及叶绿素荧光参数的影响[J]. 草地学报, 2020, 28(4): 923–931.
- [19] 付东亚, 陈集双. 黄瓜花叶病毒基因组不同部分及卫星 RNA 介导的对植株的保护及其作用机理[J]. 生命科学, 2002(5): 296–298.
- [20] 文才艺, 吴元华, 张艳红. 转基因烟草感染马铃薯 Y 病毒脉坏死株系后某些酶活性变化的比较研究[J]. 襄樊学院学报, 1999(5): 56–59.
- [21] 郭启兴, 李向东, 朱汉城, 等. 马铃薯 Y 病毒(PVY)的侵染对烟草叶片光合作用的影响[J]. 植物病理学报, 2000(1): 94–95.
- [22] 邱心洋, 袁惠君, 李梅, 等. 马铃薯营养特性及其功能性产品开发研究进展[J]. 中国食品添加剂, 2024, 35(1): 272–278.
- [23] 闫耀廷. 不同级别马铃薯脱毒种薯的生长表现及生理生化指标研究[D]. 兰州: 甘肃农业大学, 2009.
- [24] 苏姗姗, 罗仁庄, 闫瑞华. 马铃薯非商品薯形成原因及预防措施[J]. 西北园艺(综合), 2023(5): 44–45.
- [25] 刘志超, 胡万群, 刘道敏, 等. 脱毒马铃薯不同世代种植比较[J]. 安徽农学通报, 2006(8): 85.
- [26] 张武, 吴雁斌, 高彦萍, 等. 马铃薯早熟品种与晚熟品种对马铃薯 Y 病毒(PVY)和马铃薯卷叶病毒(PLRV)的生理反应[J]. 中国马铃薯, 2020, 34(2): 103–113.