



刘国敏,谢振兴,覃维治,等.不同砧穗组合嫁接对马铃薯抗寒性的影响[J].黑龙江农业科学,2023(2):11-16.

不同砧穗组合嫁接对马铃薯抗寒性的影响

刘国敏¹,谢振兴²,覃维治¹,郑 虚¹,廖玉娇¹,韦荣昌¹

(1. 广西壮族自治区农业科学院 经济作物研究所,广西 南宁 530007; 2. 广西壮族自治区亚热带作物研究所,广西 南宁 530007)

摘要:为促进广西冬种马铃薯抗寒性品种选育,以陇薯3号(L3)、陇薯9号(L9)、桂农薯1号(G1)为试验材料进行砧穗互接,得到4个嫁接组合L3G1、G1L3、L9G1和G1L9(接穗+砧木),对砧木、接穗及嫁接组合进行抗寒性指标测定,通过主成分分析提取代表性指标,并利用隶属函数分析法综合评价砧木、接穗及嫁接组合的抗寒性。结果表明,G1为抗寒品种,L3、L9为不抗寒品种,L3G1、L9G1为中抗寒品种,G1L3、G1L9为低抗寒品种,抗寒性排序为G1>L3G1>G1L3>L3,G1>L9G1>G1L9>L9。抗寒性评价的结果与田间观测的植株叶片寒害表现基本一致。综合分析认为,抗寒性强的品种无论是作砧木还是接穗,均可提高嫁接组合的抗寒性,且作砧木时对嫁接组合抗寒性的影响较大。

关键词:马铃薯;嫁接;抗寒性;主成分分析;隶属函数分析

马铃薯(*Solanum tuberosum*)是菜粮兼用的茄科茄属粮食作物,2015年我国将马铃薯列为继小麦、玉米、水稻之后的第四大主粮作物,与小麦、水稻、玉米、高粱并称为世界五大作物^[1-2]。广西属亚热带湿润季风气候区,具有良好的光、温等气候资源和广阔的冬闲土地资源,据统计,广西有冬闲田100多万hm²,这些冬闲田土壤大多适合马铃薯种植^[3-5]。2021年广西冬种马铃薯面积约6.67万hm²,平均产量22500kg·hm⁻²,是全国最大的冬种马铃薯生产基地,也被列为全国马铃薯主粮化产业的三大地区之一。

温度是影响作物生长发育及产量的重要环境因素,低温胁迫是严重影响作物生长的非生物胁迫之一,提高作物耐低温胁迫能力是目前研究热点之一^[6]。马铃薯喜寒凉,不耐霜冻,块茎形成和膨大的最适温度为16~18℃,生长温度为0℃以下的低温冻害和0℃以上的低温冷害都会抑制马铃薯生长^[7],低温对苗期马铃薯植株生长发育的影响更大,严重时会导致马铃薯减产甚至绝产,造成巨大的经济损失。因此,即使在很小的程度上提高抗霜冻能力,对于马铃薯生产也具有重要意义。在广西每年的12月至次年2月是霜冻的高发期,此时正处于马铃薯生长发育的关键阶段,突然

的降温或是寒潮常造成马铃薯受灾,导致马铃薯大面积受害,损失严重。2022年1月—2月,广西大部分地区长时间持续低温阴雨寡照天气,2月广西各地平均气温4.7~13.4℃,高寒山区最低温度低至-5℃,桂北最低温度1℃,多地出现霜冻天气,对马铃薯生长发育极为不利,部分马铃薯被冻伤冻坏,减产明显。所以,选育抗寒能力强的优质马铃薯品种对降低冻害风险,促进广西马铃薯产业发展有重要意义。

广西是典型的马铃薯冬作区,马铃薯现蕾开花期一般在每年的1月左右,这段时间往往低温多雨,光照时间短,湿度大,很难开花结实。因此,在广西开展常规马铃薯育种比较困难。嫁接技术是在农业生产和基础理论研究中广泛应用的技术,是农业栽培的重要措施之一^[8]。嫁接不仅是园艺生产改良果树、蔬菜、花卉等经济作物产量、品质、抗逆性的有效技术手段^[9]。还有研究表明,嫁接可以诱导嫁接体的性状变异,这种变异可以稳定地遗传给后代,使接穗的抗逆性、产量和品质得到改良^[10],还可以为遗传学研究提供优良材料,对揭示砧穗间遗传物质交换的相关机制具有重要意义^[11]。生产上一般通过外源喷施生长物质、杂交育种和化学诱变等手段来提高马铃薯幼苗的耐寒性,通过嫁接来提高马铃薯抗寒性还鲜有报道,所以本研究针对不同马铃薯品种对低温胁迫响应的差异,通过对不同抗寒性的马铃薯品种间相互嫁接,探究砧木、接穗对马铃薯低温胁迫抗性的影响,以期能为广西冬种马铃薯抗寒性品种选育提供新方法。

收稿日期:2022-11-13

基金项目:广西农业科学院基本科研业务专项(桂农科2021JM66);国家现代农业产业技术体系广西薯类创新团队建设专项(nycytgxxt-03-11-01);广西农业科学院基本科研业务专项稳定资助科研团队项目(桂农科2021YT059);广西农业科学院科技发展基金(桂农科2017JM26)。

第一作者:刘国敏(1989—),女,硕士,助理研究员,从事薯类栽培与育种研究。E-mail:1158593947@qq.com。

1 材料与方法

1.1 材料

试验材料及来源详见表 1。

表 1 试验材料

材料	编号	来源
陇薯 3 号	L3	甘肃省农业科学院
陇薯 9 号	L9	甘肃省农业科学院
桂农薯 1 号	G1	广西壮族自治区农业科学院 经济作物研究所
陇薯 3 号桂农薯 1 号	L3G1	嫁接所得
陇薯 9 号桂农薯 1 号	L9G1	
桂农薯 1 号陇薯 3 号	G1L3	
桂农薯 1 号陇薯 9 号	G1L9	

注:L3、G1、L9G1、G1L3、G1L9 为嫁接植株、接穗品种+砧木品种。

1.2 方法

1.2.1 试验设计 嫁接试验于 2020 年 11 月在广西壮族自治区农业科学院雾培室进行。马铃薯砧木、接穗培育:将经催芽处理的马铃薯原种播种于灭菌的基质中,株高 7~8 cm,3~4 片叶时,将马铃薯从地面处切断,清洗消毒后移植到雾培定植板上生长,缓苗后即可作为砧木或接穗进行嫁接。

嫁接:剪取接穗马铃薯幼苗顶端茎节 4~5 cm,去掉多余叶片,只留最顶上两片小叶,接穗苗茎端削成平滑的楔形。缓苗后的砧木留下定植板往上 3 cm 茎段,其余剪去,在切口中间位置向下深切 1 cm 左右,立即将接穗苗插入切口,使用嫁接夹固定。缓苗后 21 d 之内所结种薯全部剪掉(目的是排除这段时间内砧木所结种薯,只保留嫁接株所结种薯),21 d 后开始留薯,成熟后分别收集砧木、接穗、嫁接植株所结种薯,并于 4℃ 冷库中保存。

2021 年 11 月底将冷库中保存完好的砧木、接穗、嫁接植株种薯经催芽消毒后播种于广西壮族自治区农业科学院试验田中。

1.2.2 测定项目及方法 于 2022 年 2 月 24 日,田间连续 5 d 温度≤5℃ 时,取砧木、接穗、嫁接植株的叶片,测定相对电导率、丙二醛(MDA)含量、过氧化氢酶(CAT)活性、超氧化物歧化酶(SOD)活性、可溶性蛋白含量、脯氨酸(Pro)含量、可溶性糖含量、叶绿素含量、过氧化物酶(POD)含量。

相对电导率采用 DDS-11A 型电导率仪测定,MDA 含量采用硫代巴比妥酸显色法测定,CAT

活性、SOD 活性、Pro 含量、可溶性糖含量、POD 含量采用苏州格锐思生物科技有限公司试剂盒测定,可溶性蛋白质含量采用考马斯亮蓝法测定,叶绿素含量是根据叶绿素提取液对可见光谱的吸收,在 645 和 663 nm 处测定叶绿素提取物的吸光值,然后利用经验公式计算出样品中叶绿素含量。

1.2.3 数据分析 利用 Excel 2013 进行数据整理、制作图表和隶属函数值的计算,利用 SPSS 21.0 进行各指标的差异性分析及主成分分析。

2 结果与分析

2.1 天气情况统计分析

由图 1、图 2 可以看出,2022 年 1 月—2 月,马铃薯生长发育的关键时期,南宁市多低温寡照天气,2 月试验田环境最低温度 3℃,对马铃薯生长有较大影响。采样前连续 5 d(2 月 19 日—23 日)最低温度≤4℃。

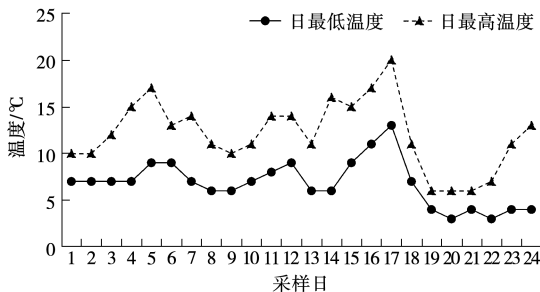


图 1 2022 年 2 月 1 日—24 日(采样日)试验田中日最低温度和日最高温度

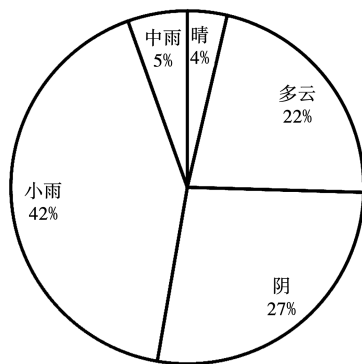


图 2 2022 年 1 月 1 日—2 月 24 日南宁市各类天气占比

2.2 不同试验材料抗寒性指标比较

由表 2 可以看出,L3、L3G1、G1L3 的 POD 活性差异不显著,三者显著低于 G1;L3、G1 的 CAT 活性差异不显著,两者与 L3G1、G1L3 差异显著,L3G1 的 CAT 活性最强,G1L3 最弱;L3、

G1 的 SOD 活性差异不显著,二者显著低于 L3G1 和 G1L3,后两者差异不显著;L3G1、G1L3、G1 的 MDA 含量差异不显著,4 种材料中,L3 的 MDA 含量最低;4 种材料的游离蛋白质含量和相对电导率差异均不显著;L3、L3G1、G1L3 可溶性糖含量差异不显著,G1 可溶性糖含量最高;L3 和其他 3 种材料的 Pro 含量差异不显著,L3G1 显著低于 G1L3 和 G1;G1 叶绿素含量最高,L3 叶绿素含量最低,L3G1、G1L3 叶绿素含量差异不显著。

从表 3 可以看出,L9G1 的 POD 活性最强,与其他 3 种材料相比差异性显著;L9、L9G1、

G1L9 的 CAT 活性差异不显著,三者均显著低于 G1;L9G1 的 SOD 活性最强,其次是 G1L9,两者间差异显著,且一直显著高于 L9 和 G1;L9G1 的 MDA 含量显著高于其他材料,L9 最低;L9 游离蛋白质含显著低于其他 3 种材料;4 种材料可溶性糖含量呈显著性差异,L9G1 含量最高,其次是 G1 和 G1L9,L9 含量最低;4 种材料相对电导率差异不显著;L9G1 的 Pro 含量最高,与 G1 差异不显著,与 L9 和 G1L9 相比差异显著;G1 叶绿素含量最高,其次是 L9G1,二者与 L9 和 G1L9 相比差异显著。

表 2 L3 和 G1 组合试验材料抗寒指标的比较

材料 编号	POD/ (min·g ⁻¹)	CAT/ (U·g ⁻¹)	SOD/ (U·g ⁻¹)	MDA/ (nmol·g ⁻¹)	游离蛋白质/ (mg·g ⁻¹)	可溶性糖 / (mg·g ⁻¹)	相对电导 率/%	Pro/ (μg·g ⁻¹)	叶绿素含量/ (mg·g ⁻¹)
L3	321.50 b	1012.02 b	992.80 c	17.86 b	6.93 a	15.72 ab	68.58 a	6.75 ab	0.85 c
L3G1	365.80 b	1400.71 a	1135.88 a	24.48 a	8.12 a	14.59 b	64.24 a	6.20 b	0.94 bc
G1L3	336.30 b	857.67 c	1045.63 ab	24.16 a	7.92 a	14.26 b	62.28 a	7.32 a	1.03 b
G1	446.70 a	1128.13 b	944.11 c	23.77 a	8.07 a	17.37 a	63.39 a	7.20 a	1.56 a

注:不同小写字母表示差异显著(P<0.05)。下同。

表 3 L9 和 G1 组合试验材料抗寒指标的比较

材料 编号	POD/ (min·g ⁻¹)	CAT/ (U·g ⁻¹)	SOD/ (U·g ⁻¹)	MDA/ (nmol·g ⁻¹)	游离蛋白质 / (mg·g ⁻¹)	可溶性糖/ (mg·g ⁻¹)	相对电导 率/%	Pro/ (μg·g ⁻¹)	叶绿素含量/ (mg·g ⁻¹)
L9	299.20 c	882.73 b	1023.52 c	17.77 c	5.38 b	13.98 d	61.36 a	5.76 b	0.68 cd
L9G1	558.30 a	863.34 b	2602.21 a	31.88 a	7.83 a	21.50 a	66.01 a	7.72 a	1.01 b
G1L9	311.30 c	971.66 b	1954.04 b	20.93 bc	8.14 a	15.90 c	61.25 a	6.10 b	0.86 c
G1	446.70 b	1128.13 a	944.11 c	23.77 b	8.07 a	17.37 b	63.39 a	7.20 a	1.56 a

2.3 马铃薯嫁接材料抗寒性指标分析

2.3.1 L3 和 G1 组合试验材料田间寒害表现

马铃薯寒害的症状一般为叶片出现淡黄色至淡褐色,从图 3 可以看出,G1、L3G1 植株叶片基本无寒害表现,L3 叶片寒害表现最为明显,G1L3 叶片有轻微寒害表现。

2.3.2 L3 和 G1 组合试验材料抗寒性指标主成分分析 对不同试验材料的抗寒性指标进行主成分分析,提取了特征值大于 1 的 3 个主成分(表 4)。第 1 主成分贡献率为 44.559%,第 2 主成分贡献率为 35.438%,累计贡献率达到 79.998%,可以解释原始数据的大部分信息,因此选择前两个主成分进行分析。各主成分载荷值代表主成分对该类物质的反映程度^[12],从表 5 可以看出,决定第 1 主成分的主要是 POD、MDA、游离蛋白质含量、相对电导率、叶绿素总量;决定第 2 主成分的主要是 SOD。说明 POD、MDA、游离蛋白质含量、相对电导率、叶

绿素总量、SOD 这 6 个指标可以用作砧木、接穗、嫁接组合抗寒性评价的指标。

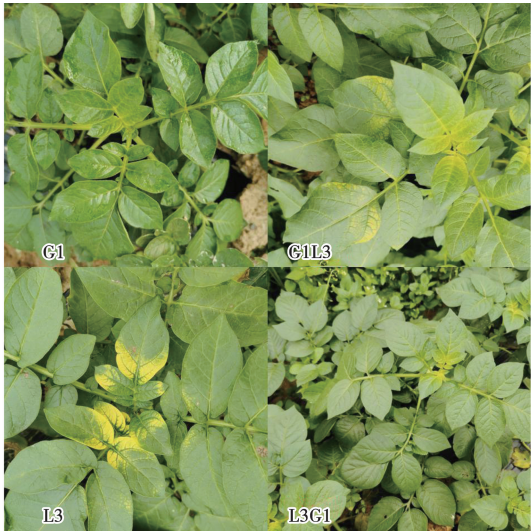


图 3 L3 和 G1 组合试验材料田间寒害表现

表 4 L3 和 G1 组合试验材料主成分分析特征值及贡献率

主成分	特征值	贡献率/%	累计贡献率/%
1	4.010	44.559	44.559
2	3.189	35.438	79.998
3	1.800	20.002	100.000

表 5 L3 和 G1 组合试验材料主成分载荷矩阵

主成分物质	主成分 1	主成分 2
POD	0.901	−0.129
CAT	0.105	0.597
SOD	−0.316	0.948
MDA	0.734	0.645
游离蛋白质含量	0.793	0.606
可溶性糖	0.499	−0.687
相对电导率	−0.772	−0.428
Pro	0.457	−0.606
叶绿素含量	0.931	−0.334

表 6 马铃薯 L3 和 G1 嫁接材料抗寒性指标隶属函数值

材料编号	POD	SOD	MDA	游离蛋白质	相对电导率	叶绿素含量	平均隶属函数值	抗寒级别
L3	0.0000	0.2539	1.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.2090	V
L3G1	0.3538	1.0000	0.0000	1.0000	0.6887	0.1303	0.5288	Ⅲ
G1L3	0.1182	0.5294	0.0488	0.8395	1.0000	0.2647	0.4668	Ⅳ
G1	1.0000	0.0000	0.1073	0.9644	0.8236	1.0000	0.6492	Ⅱ

注:耐寒性按平均隶属度可分为 5 个等级:0.70~1.00 为Ⅰ级高抗寒;0.60~0.69 为Ⅱ级抗寒;0.50~0.59 为Ⅲ级中抗寒;0.40~0.49 为Ⅳ级低抗寒;0~0.40 为Ⅴ级不抗寒。下同。

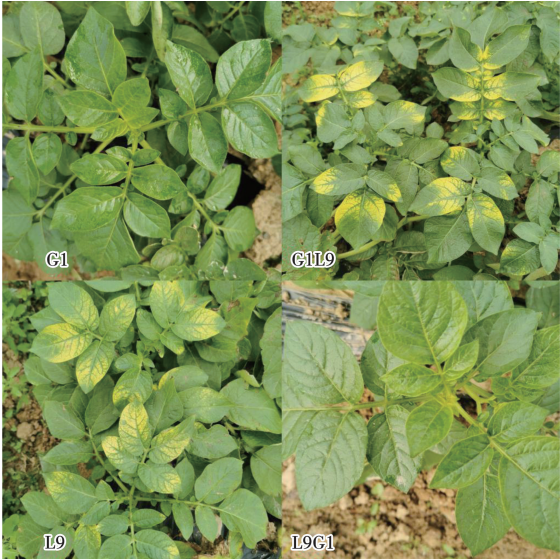


图 4 L9 和 G1 组合试验材料田间寒害表现

2.3.5 L9 和 G1 组合试验材料抗寒性指标主成分分析 为了尽量降低由品种带来的误差,使马铃薯嫁接材料抗寒性评判结果更加客观真实,对

2.3.3 L3 和 G1 组合试验材料抗寒性综合评价

为了全面反映马铃薯嫁接材料的抗寒性,对 POD、MDA、游离蛋白质含量、相对电导率、叶绿素总量、SOD 这 6 个指标,进行平均隶属函数值分析(表 6)。根据张文娥等^[13]将耐寒性按平均隶属度分为 5 个等级(见表注),L3 为不抗寒品种;L3G1 为中抗寒品种;G1L3 为低抗寒品种;G1 为抗寒品种。砧木、接穗、嫁接组合的抗寒性排序为 G1>L3G1>G1L3>L3。抗寒性强的品种无论是作砧木还是接穗,均可提高嫁接组合的抗寒性,且作砧木时对嫁接组合抗寒性的影响较大。

2.3.4 L9 和 G1 组合试验材料田间寒害表现 从图 4 可以看出,G1、L9G1 植株叶片基本无寒害表现,L9、G1L9 叶片寒害表现明显,这与 L3、G1 互相嫁接之后的材料田间寒害表现基本相同。

L9、G1 互相嫁接的组合 L9G1、G1L9 和 L9、G1 继续进行抗寒性评判。对试验材料抗寒性指标进行主成分分析,提取出 3 个主成分(表 7),第 1 主成分贡献率为 65.241%,第 2 主成分贡献率为 26.173%,累计贡献率达到 91.414%,可以解释原始数据的大部分信息,因此选择前两个主成分进行分析。从表 8 各主成分载荷值可以看出,决定第 1 主成分的主要是 POD、MDA、可溶性糖、相对电导率、Pro;决定第 2 主成分的主要是 CAT。说明 POD、MDA、可溶性糖、相对电导率、Pro、CAT 这 6 个指标可以用作砧木、接穗、嫁接组合抗寒性评价的指标。

表 7 L9 和 G1 组合试验材料主成分分析特征值及贡献率

主成分	特征值	贡献率/%	累积贡献率/%
1	5.872	65.241	65.241
2	2.356	26.173	91.414
3	0.773	8.586	100.000

表 8 L9 和 G1 组合试验材料主成分载荷矩阵

主成分物质	主成分 1	主成分 2
POD	0.972	−0.013
CAT	0.022	0.994
SOD	0.644	−0.617
MDA	0.983	−0.181
游离蛋白含量	0.660	0.415
可溶性糖	0.988	−0.156
相对电导率	0.953	−0.143
Pro	0.978	0.147
叶绿素总含量	0.520	0.845

表 9 马铃薯嫁接材料抗寒性指标隶属函数值

试验材料	POD	CAT	MDA	可溶性糖	相对电导率	Pro	平均隶属函数值	抗寒级别
L9	0.0000	0.0733	1.0000	0.0000	0.9769	0.0000	0.3417	V
L9G1	1.0000	0.0000	0.0000	1.0000	0.0000	1.0000	0.5000	Ⅲ
G1L9	0.0467	0.4091	0.7757	0.2554	1.0000	0.1751	0.4437	Ⅳ
G1	0.5693	1.0000	0.5744	0.4511	0.5515	0.7327	0.6465	Ⅱ

3 讨论

低温胁迫是严重影响作物生长的非生物胁迫之一,已成为国内外学者关注的热点。植物抗寒性受多重因素影响,抗寒机制复杂。低温胁迫下,植物体内会产生一系列的生理响应,在不同程度上保护植物的生长,当胁迫程度超出植物抵御极限时,就会造成植物死亡^[14]。目前用于植物抗寒性鉴定的方法,主要有田间直接鉴定法、电解质渗漏法、生理生化指标测定法。其中生理生化指标测定法是通过低温胁迫下植物 SOD、POD、CAT、MDA、可溶性糖、游离蛋白质、Pro、叶绿素、相对电导率等生理生化指标的测定,来直观评价植物抗寒性,已广泛应用于多种作物的抗寒性鉴定^[15]。本研究主要是通过生理生化指标测定结合主成分分析、隶属函数分析对供试的马铃薯材料进行抗寒性评价。

马铃薯是喜寒凉但不耐寒的作物,低温霜冻严重影响马铃薯的产量和品质。2021 年 12 月至 2022 年 2 月,正值广西冬种马铃薯关键生长期,广西天气持续低温寡照,严重影响马铃薯的正常生长。2022 年 2 月,在连续 5 d 最低温度低于 4 ℃的情况下,对砧木、接穗、嫁接组合马铃薯材料进行抗寒性鉴定,通过对抗寒性指标进行主成分分析,

2.3.6 L9 和 G1 组合试验材料抗寒性综合评价

为了全面反映马铃薯嫁接材料的抗寒性,对 POD、CAT、MDA、可溶性糖、相对电导率、Pro 这 6 个指标,进行平均隶属函数值分析(表 9)。结果表明,L9 为不抗寒品种;L9G1 为中抗寒品种;G1L9 为低抗寒品种;G1 为抗寒品种。砧木、接穗、嫁接组合的抗寒性排序为 G1>L9G1>G1L9>L9。进一步说明了,抗寒性强的品种无论是作砧木还是接穗,均可提高嫁接组合的抗寒性,且作砧木时对嫁接组合抗寒性的影响较大。

提取代表性的几个指标,并利用隶属函数法进行分析,得到几种供试材料的抗寒性大小为 G1>L3G1>G1L3>L3,G1>L9G1>G1L9>L9,这与它们的田间寒害表现基本一致,这说明抗寒性强的品种无论是作砧木还是接穗,均可提高嫁接组合的抗寒性,且作砧木时对嫁接组合抗寒性的影响较大。曹泽文等^[16]研究认为采用原产我国山楂、辽宁山楂作为‘猩红’平滑山楂的嫁接砧木时,均能明显提高‘猩红’平滑山楂在北京地区的越冬能力。张志焕^[17]研究认为,干旱胁迫下,耐旱砧木番茄能增强嫁接植株的耐旱性。吴波^[18]研究认为,用耐冷性强的多毛番茄 LA1777 作为砧木嫁接,可以提高番茄的耐冷性。张古文^[19]研究认为用耐盐性强的番茄品种作为砧木嫁接,能提高番茄植株的硝酸钙耐受性。聂鑫淼等^[20]研究认为采用耐冷性强的黄瓜砧木嫁接,黄瓜耐冷性增强。以上研究结果均与本研究结果相似。

本研究仅对自然条件下大田生长的马铃薯嫁接材料进行了抗寒性鉴定,存在一定的局限性,下一步将通过人工模拟不同低温胁迫环境,研究砧穗互接对马铃薯抗寒性的影响,并在此基础上探究嫁接苗的抗寒性是否能稳定遗传,为广西抗寒马铃薯品种选育提供理论基础。

4 结 论

本研究通过对马铃薯砧木、接穗、嫁接组合材料进行抗寒性鉴定,得到几种供试材料的抗寒性大小为 $G1 > L3G1 > G1L3 > L3$, $G1 > L9G1 > G1L9 > L9$,这与它们的田间寒害表现基本一致。综合分析认为,抗寒性强的品种无论是作砧木还是接穗,均可提高嫁接组合的抗寒性,且作砧木时对嫁接组合抗寒性的影响较大,为广西抗寒马铃薯品种选育提供了数据支撑。

参考文献:

[1] CHARLES C M. 1493:Uncovering the new world columbus created[M]. New York:Knopf,2011,274.
 [2] 高康,何蒲明. 马铃薯主粮化战略研究[J]. 合作经济与科技,2018(14):31-33.
 [3] 何新民,何虎翼,谭冠宁,等. 广西冬种马铃薯回顾与展望[J]. 中国蔬菜,2009(19):5-7.
 [4] 陈明才,刘永贤. 广西马铃薯生产存在的问题和发展思路[J]. 广西农学报,2008(3):101-104.
 [5] 刘文奇,徐世宏,马善团,等. 广西马铃薯产业发展现状和潜力分析与对策思考[J]. 南方农业学报,2013,44(3):535-539.
 [6] 赵峻丽,陈雯,石敏. CBF 在植物低温胁迫响应中的激活与调控研究进展[J]. 河南农业科学,2020,49(4):1-6.
 [7] 王明霞,梅超,宋倩娜,等. 低温胁迫下 6 种马铃薯组培苗耐寒性评价[J]. 山西农业科学,2021,49(12):1502-1506.
 [8] 曹建华,林位夫,陈俊明. 砧木与接穗嫁接亲和力研究综述

[J]. 热带农业科学,2005(4):68-73.
 [9] 江毅. 南瓜砧木对嫁接南瓜自交后代性状遗传变异的影响[D]. 新乡:河南科技学院,2019.
 [10] LIU Y S. Chapter two-Darwin's Pangenesis and medical genetics[J]. Advances in genetics,2018,102:27-66.
 [11] 何文,潘鹤立,潘腾飞,等. 果树砧穗互作研究进展[J]. 园艺学报,2017,44(9):1645-1657.
 [12] 沈静,杜若曦,魏婷,等. 干制方式对鲜食枣脆片香气品质的影响[J]. 食品科学,2017,38(18):131-137.
 [13] 张文娥,王飞,潘学军. 应用隶属函数法综合评价葡萄种间抗寒性[J]. 果树学报,2007(6):849-853.
 [14] BAEK K H, SKINNER D Z. Alteration of antioxidant enzyme gene expression during cold acclimation of near-isogenic wheat lines[J]. Plant Science,2003,165(6):1221-1227.
 [15] 舒启琼,罗小波,李飞,等. 马铃薯抗寒研究进展[J]. 植物生理学报,2021,57(6):1171-1178.
 [16] 曹译文,徐瑾,刘燕. 嫁接砧木对‘猩红’平滑山楂抗寒性的影响[J]. 西北林学院学报,2015,30(1):116-119.
 [17] 张志焕. 不同砧穗组合调控番茄嫁接苗耐旱性的机理研究[D]. 泰安:山东农业大学,2021.
 [18] 吴波. 耐冷砧木嫁接提高番茄苗低温适应性的机制[D]. 武汉:华中农业大学,2021.
 [19] 张古文. 耐盐砧木嫁接提高番茄幼苗硝酸钙耐受性生理生化机制的研究[D]. 南京:南京农业大学,2008.
 [20] 聂鑫森,栾恒,冯改利,等. 硅营养和嫁接砧木对黄瓜幼苗耐冷性的影响[J]. 园艺学报,2022,49(8):1795-1804.

Effects of Grafting with Different Rootstock and Scions Combinations on Cold Resistance of Potato

LIU Guomin¹, XIE Zhenxing², QIN Weizhi¹, ZHENG Xu¹, LIAO Yujiao¹, WEI Rongchang¹

(1. Cash Crops Research Institute, Guangxi Academy of Agricultural Sciences, Nanning 530007, China;
 2. Guangxi Subtropical Crops Research Institute, Nanning 530007, China)

Abstract: In order to promote the breeding of cold resistant varieties of winter potatoes in Guangxi, Long Potato 3 (L3), Long Potato 9 (L9) and Guinong Potato 1 (G1) were used as experimental materials for anvil ear intergrafting, and 4 grafting combinations of L3G1, G1L3, L9G1 and G1L9 were obtained. The cold resistance index of rootstock, scion and grafting combination was determined. The representative indexes were extracted by principal component analysis, and the cold resistance of rootstock, scion and grafting combination was evaluated by membership function analysis. The results showed that G1 was a cold resistant variety, L3 and L9 were not cold resistant varieties, L3G1 and L9G1 were medium cold resistant varieties, G1L3 and G1L9 were low cold resistant varieties, and the order of cold resistance was $G1 > L3G1 > G1L3 > L3$, $G1 > L9G1 > G1L9 > L9$. The results of cold resistance evaluation were basically consistent with the cold damage of plant leaves observed in the field. The comprehensive analysis showed that the varieties with strong cold resistance could improve the chilling tolerance of grafting combination whether as rootstock or scion, and when used as rootstock, it has great influence on the cold resistance of grafting combination.

Keywords: potato; grafting; cold resistance; principal component analysis; membership function method