

冬种马铃薯生态育种技术的构建与实践

邓英毅¹, 郑 虚², 覃维治², 熊 军², 刘国敏², 李韦柳², 许 娟²

(1. 广西大学 农学院, 广西南宁 530004; 2. 广西农业科学院 经济作物研究所, 广西南宁 530007)

摘要: 为了促进秋冬种区马铃薯产业的健康稳定可持续发展, 根据马铃薯冬作区的生态条件及耕作栽培制度, 构建马铃薯的生态育种技术并应用该技术选育新品种。通过对较耐寒抗病早中熟材料的选择利用、杂交; 低温驯化实生种、实生苗; 冬种环境条件下进行实生薯家系、株系、品系鉴定; 不同生态条件下适应性和丰产性鉴定、区域试验、生产示范以及抗性鉴定。构建了冬种马铃薯的生态育种技术并应用该技术选育出聚合了耐寒、抗晚疫病、早熟、高产等多个特性而且通过了广西农作物品种审定委员会审定的桂农薯 1 号和桂农薯 4 号马铃薯新品种。针对马铃薯冬作区特定的气候生态条件与耕作栽培制度, 构建与之相适应的生态育种技术, 能够培育出适合该区域种植的聚合耐寒、抗晚疫病、早熟、高产等多个特性的马铃薯新品种。

关键词: 马铃薯生态育种; 桂农薯 1 号; 桂农薯 4 号; 冬种

中图分类号: S532 **文献标识码:** A **文章编号:** 1002-2767(2017)09-0009-10 **DOI:** 10.11942/j.issn1002-2767.2017.09.0009

马铃薯(*Solanum tuberosum* L.)是重要的主粮作物之一^[1], 目前全球有 160 多个国家栽培, 到 2030 年中国将有 20% 的人口以马铃薯作为主粮^[2]。我国马铃薯的种植面积和产量均居世界第一位^[3], 其中秋冬种面积约 40 万 hm², 主要分布在福建、广西、广东、浙江、四川、云南、贵州、湖南和湖北等省区^[4]。马铃薯喜冷凉, 但不耐低温霜冻,

秋冬种马铃薯在生长过程中常常受到偶发性的短时低温伤害, 甚至持续性低温霜冻灾害, 给秋冬种马铃薯生产造成不同程度的危害和损失^[1,5]。但是, 由于目前秋冬种马铃薯的主栽品种为费乌瑞它^[3], 不耐寒^[1,6] 因此低温霜冻已成为秋冬种马铃薯健康可持续发展的主要限制因子。同时, 冬种马铃薯的前作主要是晚稻, 次作是早稻, 这就要求所种植的马铃薯品种必须是早熟品种才能不影响次年早稻生产。另外, 马铃薯冬作区的气温在 2 月以后则逐步回升而且伴随着多

雨, 从而晚疫病发生严重。因此, 构建马铃薯生态育种技术并用来选育适合秋冬种区生态条件和栽培耕作制度的聚合耐寒耐寡照、抗晚疫病、早熟、高产等多个特性的品种对秋冬种区马铃薯产业的健康稳定可持续发展具有重要意义。

生态育种就是探索和选育适合不同生态条件和耕作栽培制度的作物品种最大限度地利用生态气候资源, 优化个体生长, 使群体在较高的光合效率和物质生产水平上达到动态平衡的育种理论和方法。生态育种科学体系是基础研究与应用研究之间的交叉并相辅相成的。该理论已经广泛应用于水稻^[7-8]、玉米^[9]、大豆^[10]、小麦^[11]、甘蔗^[12] 及黄瓜^[13] 等作物的品种选育上, 并取得了显著的成绩, 如广东省农业科学院水稻研究所选育出了高光效高产量的叶青伦、耐冷的桂山矮、超高产优质的广超系列、胜泰 1 号和奇妙香 2 号等一大批品种, 在推动我国生态育种技术向前迈进的同时, 为我国的粮食安全作出了巨大的贡献。许娟等^[6] 指出, 持续低温胁迫后期(5~7 d)马铃薯叶片 SOD、POD 和 CAT 活性可作为鉴定马铃薯品种耐寒性强弱的生理指标, 活性越强耐寒性越强; 低温胁迫第 5 天可作为早期筛选耐寒材料的时间节点。目前尚鲜见有关于马铃薯生态育种研究的报道。因此, 本研究旨在根据马铃薯冬作区的生态条件及耕作栽培制度, 构建马铃薯的生态育种技术并应用该技术选育出品种, 为秋冬种区马铃薯育种与生产提供技术和品种支撑。

收稿日期: 2017-07-18

基金项目: 国家公益性行业(农业)科研专项经费资助项目(201503001-5); 国家现代农业产业技术体系广西创新团队建设专项资助项目(nycytxgxcxtd-03-11-01); 广西农业科学院基本科研业务专项资助项目(2015 YT62); 广西农业科学院科技发展基金资助项目(桂农科 2017JM26)

第一作者简介: 邓英毅(1972-), 女, 广西壮族, 南宁市人, 博士, 副教授, 从事园艺植物育种与栽培生理研究。E-mail: yingyideng@163.com。

通讯作者: 郑虚(1966-), 男, 广西壮族, 南宁市人, 博士, 研究员, 从事马铃薯育种研究。E-mail: zhengxu@gxaas.net。

1 马铃薯冬种区的冬种生态特点

目前,我国马铃薯冬种区的生产周期一般是10月至翌年3月,主要集中在广西、广东、福建、四川和云南等省(区),本研究以广西、广东和福建3省(区)的省会城市南宁、广州和福州近5年冬季的每月平均各类天气情况进行分析。

1.1 冬种期间的阴雨天数

南宁、广州和福州从10月至翌年3月每月的阴雨天数呈逐渐增加而晴天或者多云天数呈逐渐

减少的趋势,如南宁市10月至次年3月的阴雨天数分别为9.6、14.6、14.4、20.4、21.0和23.0 d,广州市分别为13.4、22.6、20.4、19.6、23.0和22.2 d,福州市分别为5.6、12.4、11.2、13.8、18.4和21.2 d,三个城市的阴雨天数分别占整个马铃薯种植季节(182 d)的56.6%、66.6%和45.4%;雨天最多是在2月和3月,三个城市的2月和3月的阴雨总天数分别占这两个月天数的74.6%、76.6%和67.1%;各市霜冻期主要发生在12月至次年2月(见图1)。

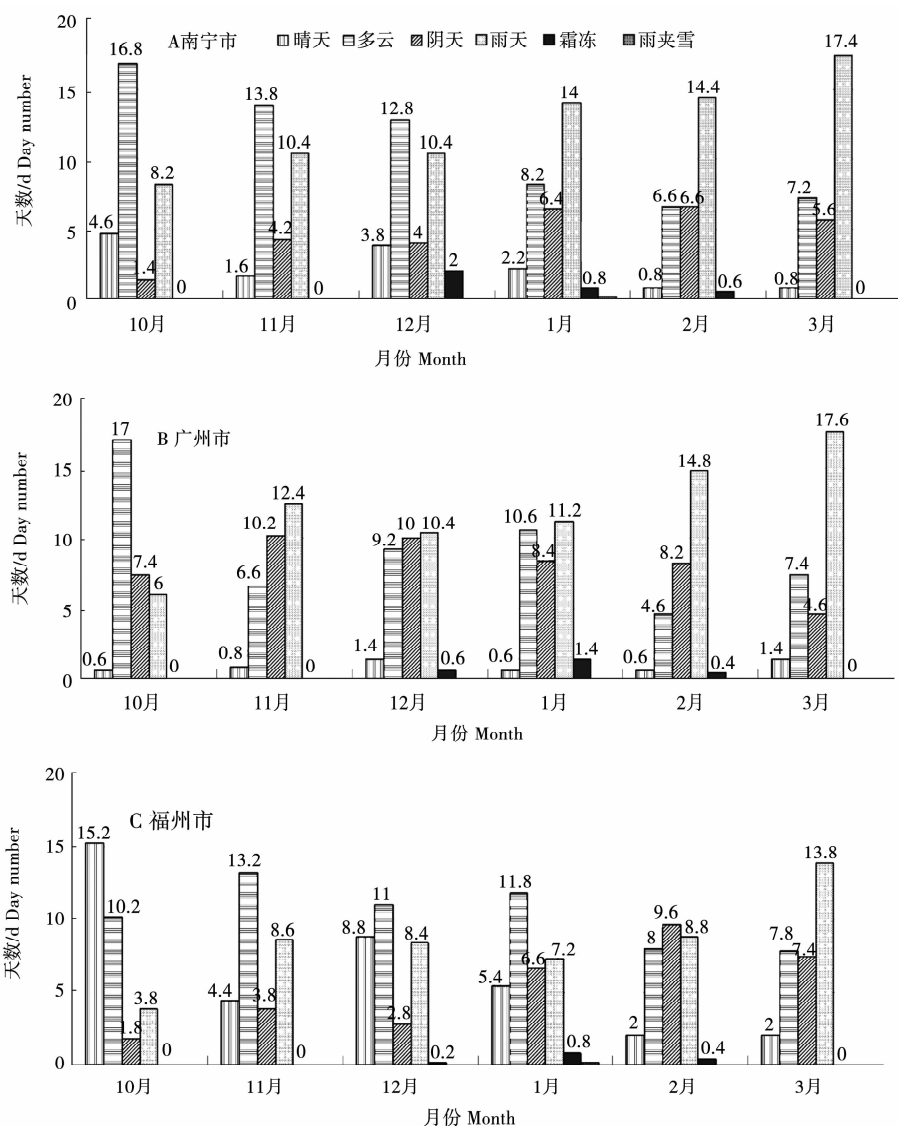


图1 南宁、广州和福州10月至次年3月的每月天气情况(各天气天数为2011年至2016年的5年平均)

Fig. 1 Weather condition of every month from October to March in Nanning, Guangzhou and Fuzhou (the average weather day numbers in five years from 2011 to 2016)

1.2 冬种期间的温度变化

南宁市、广州市和福州市冬季的温度变化均呈现高-低-高的变化趋势且变化激烈。其中2013

年冬季和2015年冬季出现严重的霜冻和雨夹雪天气,并主要出现在马铃薯的块茎膨大期(早种的在12月至次年2月,晚稻收获后种的在1-3月),

这两年的气温变化情况见图 2、图 3 所示。10 月至次年 3 月的最低气温低于 7℃(马铃薯基本停止生长)的南宁市分别有 33 和 15 d(分别占冬季天数的 37.1%和 17.0%),广州市分别是 37 和

17 d(分别占冬季天数的 41.6%和 19.3%),福州市分别是 39 和 28 d(分别占冬季天数的 43.8%和 31.8%);极端最低气温达到-2~-1℃(见图 2、图 3)。

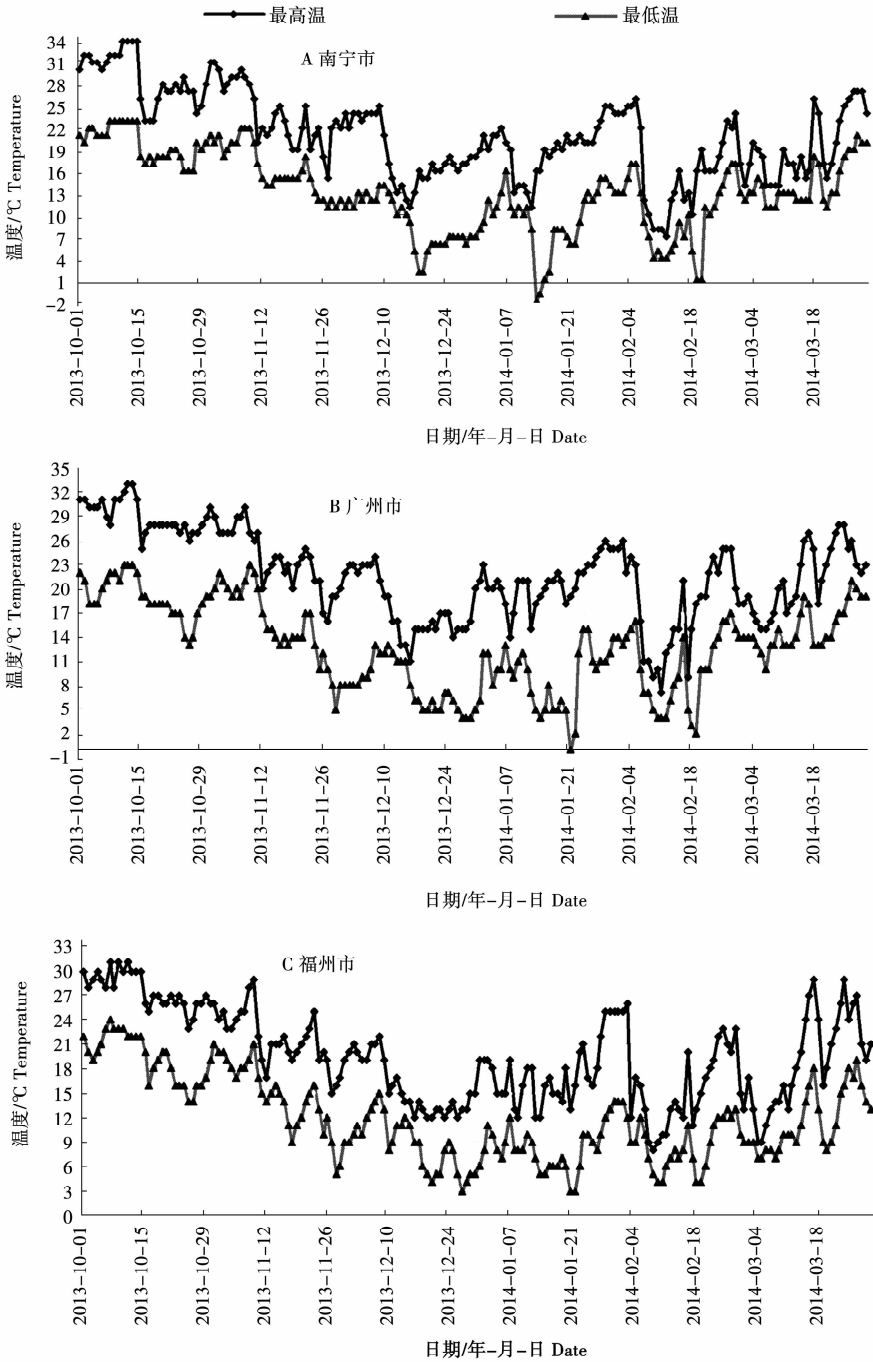


图 2 南宁、广州和福州 2013 年 10 月至 2014 年 3 月期间的气温变化

Fig. 2 Temperature change from Oct. 2013 to Mar. 2014 in Nanning, Guangzhou and Fuzhou

2011 年 10 月至 2012 年 3 月冬季最低气温低于 7℃的南宁、广州和福州分别有 34、24 和 30 d(分别占冬季天数的 38.6%、27.3%和

34.1%);2012 年 10 月至 2013 年 3 月冬季最低气温低于 7℃的南宁、广州和福州分别为 15、12 和 22 d(分别占冬季天数的 16.9%、13.5%和

24.7%);2014 年 10 月至 2015 年 3 月冬季最低和38 d(分别占冬季天数的 13.5%、23.6%和气温低于7℃的南宁、广州和福州分别为 12、21 42.7%)。

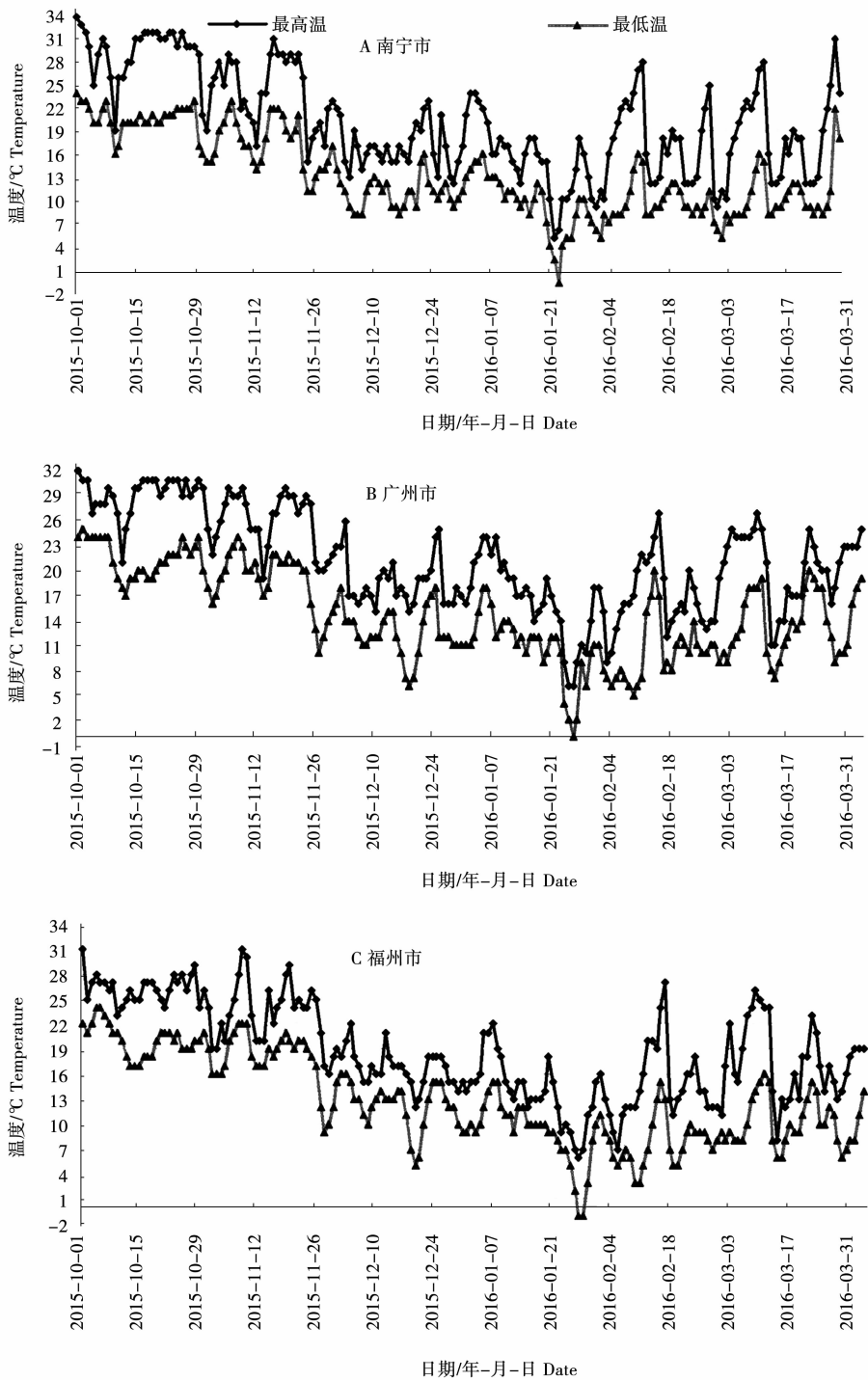


图 3 南宁、广州和福州 2015 年 10 月至 2016 年 3 月期间的气温变化

Fig. 3 Temperature change from Oct. 2015 to Mar. 2016 in Nanning, Guangzhou and Fuzhou

1.3 耕作栽培制度

在马铃薯冬作区,同时存在着多种马铃薯种植模式:旱地纯种、水田纯种、幼龄果园间套种、甘

蔗套种、香蕉套种等,但不论是哪种模式,都要求在连续高温多雨的 4 月到来前能成熟收获,一方面不影响下一作物如水稻、玉米的播种或甘蔗、幼

龄果树(如龙眼、荔枝、柑橘、香蕉等)的田间管理。因此,要求所种植的马铃薯品种为早熟品种。同时,12月前播种的旱地纯种、幼龄果园间套种和香蕉套种等模式的马铃薯块茎膨大期处于当年的12月至次年的2月,而该时期连续低温时间长且变化激烈;12月后播种的水田纯种和甘蔗套种等模式的马铃薯块茎膨大期处于次年的1-3月,而该时期前期连续低温时间长、变化激烈且后期温度高,雨天多,晚疫病容易爆发。

综上所述,马铃薯冬种区的品种需要具有:耐寒耐寡照、抗晚疫病、早熟、高产等特点。

2 生态育种技术的构建

具体程序为:马铃薯冬作区气候生态条件及栽培耕作制度的调研,品种选育目标的确立,种质资源收集,早中熟、抗晚疫病材料的筛选并低温处理,较耐寒材料亲本的筛选,杂交组合的选配,杂交,实生种,实生种的低温驯化,实生苗苗期的低温驯化,优良单株的选择,冬种环境下建立、鉴定实生家薯系、株系及品系品比,冬种环境下不同生态条件的适应性和丰产性鉴定,冬种环境下的区域试验、生产示范。

3 桂农薯1号和桂农薯4号的选育

3.1 种质资源的选择利用

3.1.1 耐寒材料的鉴定筛选 2005年3-4月在日本北海道大学农场玻璃温室中(温度15~20℃、湿度80%~90%、自然光),选择从日本各地收集到的具有抗晚疫病或感病较轻的50份早中熟材料进行盆栽,出苗10d后放在光照强度为20 000 lx(每天10 h)、湿度为90%、温度为8℃的恒温人工气候室中3d,然后将温度降至4℃光照强度和湿度不变并放置7d,从恒温人工气候室移出后放回玻璃温室中3d,调查各个材料的根、茎、叶以及匍匐茎等器官的生长发育情况。

3.1.2 较耐寒材料选作杂交组合亲本 选用在上述试验中综合表现较好(根和片生长正常、植株生长较壮、匍匐茎数较多)的23份材料于2005年5月8日在日本北海道大学农场种植,7-8月利用这些材料配制35个组合杂交,9月底收获所有实生种。实生种收获晒干后在20℃左右的温室中保存。

3.2 材料的低温驯化与优良单株的选择

3.2.1 低温驯化实生种 各个组合选取籽粒饱满的各300粒装入牛皮纸信封中封好口,然后将

所有信封放进玻璃罐密封。2006年3月10-24日在日本北海道大学将玻璃罐放在温度为2~5℃的冰箱中进行低温驯化处理,25-27日将冰箱温度提高到7~10℃。

3.2.2 低温驯化实生苗 2006年3月28日用30~35℃温水浸种4~5h,放入恒温箱25~28℃恒温下保温保湿催芽,4月2日种子露白发芽后取出在日本北海道大学农场玻璃温室中用纸杯进行杯栽(温度20~30℃,自然光,湿度为80%~90%),4月7-8日出齐苗。4月9日移到人工气候室中(光照强度为20 000 lx(每天10 h),湿度为90%)并在4月9-11日和4月12-15日将温度分别降低至15~20℃和7~10℃,4月16日连杯种植到雪已经融化了的放了有机肥和马铃薯专用复合肥并用挖土机挖好周边的排水沟(深60 cm,防止雪水浸入)的露地(此时夜间土温最低为3℃左右,最高气温为10℃)。5月3日前的18d,夜间土温均低于5℃,夜间最高气温均低于10℃,此时幼苗一直处于低温驯化阶段,茎叶生长极其缓慢。

3.2.3 收获期选择优良单株 5月4日以后气温逐渐升高,马铃薯恢复生长。田间管理按照农场的管理方法进行。8-9月,选择早中熟、不发病、块茎数6个左右、芽眼浅、单株产量高的优良单株。

3.3 生态资源的利用

3.3.1 冬种环境下鉴定实生薯家系 2006年11月在广西大学农场种植优良实生薯家系,并进行冬种条件下的自然选择,发现材料编号为22号、25号和B218的表现较耐寒,早熟、薯形好、芽眼浅、结薯集中、块茎大、块茎数5~8个、商品薯率高,平均单株薯重分别为0.82、0.77和0.85 kg,而且22号和B218还表现抗晚疫病,而25号的发病也很轻(仅1株发病)。

3.3.2 冬种环境下鉴定株系 2007年11月至2008年3月,在冬季均遇到霜冻的宾阳县邹圩镇四角塘村猪鼓岭(N23°20'49.70",E108°51'15.03",海拔高度43 m)开展株系的耐寒性、晚疫病发病率、熟性和产量的再鉴定选择,以国审品种东农303作对照。期间2008年1月遇到长期的低温冷害,对照种受害严重(主要表现为叶片冻坏,甚至整株冻死),材料的耐寒强弱依次为B218>22号>25号>对照种。材料均未发现晚疫病,但对照种发病率达21%;材料的生育期与对照种基

本一致,均在 83~87 d;B218、22 号和 25 号的产量分别比对照增产 42%、23%和 56%。

3.3.3 冬种环境下品系鉴定、品比试验 2008 年 11 月至 2009 年 2 月及 2009 年 12 月至 2010 年 4 月连续两年用自繁种薯在广西农业科学院内

进行品比试验(简单对比试验,面积为每个材料 10 m²),对照品种为东农 303。品系 22 号、25 号和 B218 在单株结薯数、大中薯率和产量等综合性状方面表现较好,其中鲜薯产量比东农 303 分别增产 10.5%、7.4%和 21.2%(见表 1)。

表 1 马铃薯品种(品系)经济性状比较

Table 1 Comparison on economic traits of potato varieties (lines)

品系或品种 Lines or varieties	单株结薯数 Tuber number per plant	大中薯率/% Large and middle tuber rate	平均产量/(kg·hm ⁻²) Average yield	增产率/% Increase rate
22 号 Line 22	6.2	90.5	30682.5	10.5
25 号 Line 25	5.7	93.4	29824.6	7.4
B218Line B218	6.6	89.8	33662.5	21.2
东农 303 Dongnong303(CK)	6.3	90.1	27767.0	-

3.4 不同生态条件下适应性和丰产性鉴定

2010 年 12 月至 2011 年 5 月,分别在广西桂林市永福县(期间 2011 年 1 至 3 月最低气温低于 10℃和 7℃(马铃薯基本停止生长)的分别有 69 和 55 d,分别占同期天数的 76.7%和 61.1%;雨天、晴天、多云和阴天的分别有 50、5、18 和 20 d,

分别占同期天数的 55.6%、5.6%、20.0%和 22.2%)和防城港市防城区大揽村的盐碱试验地(pH 为 4.2,灌溉水为咸淡水(海潮水和河水的复混水)),进行不同生态环境的区域适应性试验,评价、鉴定品系的稳定性,并通过了广西壮族自治区科技厅组织的专家现场测产(见表 2)。

表 2 2010 年 12 月至 2011 年 5 月马铃薯品种(品系)产量比较

Table 2 Comparison on yield of potato varieties (lines) from December 2010 to May 2011

品系或品种 Lines or varieties	永福县 Yongfu county	防城区 Fangcheng district	平均产量/(kg·hm ⁻²) Average yield	增产率/% Increase rate
22 号 Line 22	37350.0	23751.0	30550.5	64.6
B218Line B218	36982.0	21542.0	29262.0	57.6
东农 303 Dongnong303(CK)	27616.5	9508.5	18562.5	-

3.5 冬种条件下的区域性试验和生产示范

2011 年 12 月至 2013 年 5 月在桂南(南宁市西乡塘区和邕宁县)、桂中(南宁市宾阳县)、桂东(贵港市桂平市、玉林市和贺州市富川县)、桂西(百色市平果县)进行了多点区域性试验和生产示范,参试材料的生育期为 83~90 d;品系 22 号和 B218 综合表现均较好,基本没有发生晚疫病,

产量分别比对照增产 14.2%~41.3%,12.3%~34.6%(见表 3、表 4、表 5)。品系 22 号和 B218 分别于 2013 年 6 月和 2014 年 6 月通过广西农作物品种审定委员会审定,分别被定名为桂农薯 1 号和桂农薯 4 号,审定编号分别为:桂审薯 2013001 号和桂审薯 2014002 号。

表 3 2011 年 12 月至 2012 年 5 月马铃薯品种(品系)区域性试验产量比较

Table 3 Comparison on yield of potato varieties (lines) in regional test from December 2011 to May 2012

品系或品种 Lines or varieties	宾阳县 Binyang county	西乡塘区 Xixiangtang district	富川县 Fuchuan county	平均产量/ (kg·hm ⁻²) Average yield	增产率/% Increase rate
22 号 Line 22	30567.6	31338.6	28971.3	30292.5	14.2
B218 Line B218	29987.1	30359.4	28992.0	29779.5	12.3
东农 303 Dongnong303(CK)	26835.6	27215.7	25526.1	26525.8	-

表 4 2012 年 11 月至 2013 年 5 月马铃薯品种(品系)区域性试验产量比较

Table 4 Comparison on yield of potato varieties (lines) in regional test from November 2012 to May 2013

品系或品种 Lines or varieties	宾阳县 Binyang county	邕宁县 Yongning county	桂平市 Guiping city	玉林市 Yulin city	平果县 Pingguo county	平均产量/ (kg·hm ⁻²) Average yield	增产率/% Increase rate
22 号 Line 22	30129.3	34330.5	28546.2	29178	28843.5	30205.5	40.8
B218 Line B218	29112.6	30580.5	28079.7	28622.4	28054.8	28890.0	34.6
东农 303 Dongnong303(CK)	22743.8	18913.5	21974.3	21873.8	21789.6	21459.0	-

表 5 2012 年 11 月至 2013 年 5 月马铃薯品种(品系)生产示范产量比较

Table 5 Comparison on yield of potato varieties (lines) in demonstrated production from Nov. 2012 to May 2013

品系或品种 Lines or varieties	宾阳县 Binyang county	邕宁县 Yongning county	桂平市 Guiping city	玉林市 Yulin city	平果县 Pingguo county	平均产量/ (kg·hm ⁻²) Average yield	增产率/% Increase rate
22 号 Line 22	29973.9	31021.5	29271.3	29731.5	28179.3	29635.5	41.3
B218Line B218	28340.7	25942.5	26991.9	27785.4	27727.5	27357.6	30.4
东农 303 Dongnong303(CK)	21766.5	18675.0	21023.4	21954.6	21445.5	20973.0	-

3.6 桂农薯 1 号全国试种示范 福建省、广东省、四川省和云南省进行了生产示

3.6.1 冬种条件下开展生产示范 2014 年起在 范,比当地主栽品种增产 9.8%~15.6%。

表 6 桂农薯 1 号冬种生产示范产量比较

Table 6 Comparison on yield of potato variety Guinongshu 1 in production demonstration planted in winter

地点 Address	年份 Year	平均产量/(kg·hm ⁻²) Average yield	增产率/% Increase rate
福建省泉州市 Quanzhou,Fujian	2014-2016	29899.5	10.5
广东省惠州市 Huizhou,Guangdong	2014-2016	33465.0	9.8
四川省自贡市和眉山市 Zigong and Meishan,Sichuan	2015-2016	29868.5	15.6
云南省德宏州 Dehong,Yunnan	2014-2016	34323.0	13.2

表 7 桂农薯 1 号早春种生产示范产量比较

Table 7 Comparison on yield of potato variety Guinongshu 1 in production demonstration planted in early spring

地点 Address	年份 Year	平均产量/ (kg·hm ⁻²) Average yield	增产率/% Increase rate
甘肃省兰州市 Lanzhou,Gansu	2014-2016	32566.5	12.3
四川省自贡市 Zigong,Sichuan	2015	31869.0	10.6
河北省河间市 Hejian,Hebei	2014-2016	34331.6	11.3
陕西省定边县 Dingbian,Shaanxi	2015-2016	33251.5	14.6

3.6.2 早春种条件下开展生产示范 2014 年起在甘肃省、四川省、河北省和陕西省进行了早春种的生产示范,播种期比常规早 10~15 d,结果比当地主栽品种增产 10.6%~14.6%。

4 抗性鉴定

4.1 抗逆性与耐退化鉴定

2010 年 12 月至 2011 年 6 月,在防城港市防城区大榄村利用自繁未脱毒的第 8 代种薯进行,试验地是盐碱地(pH 为 4.2),灌溉水为咸淡水(海潮水和河水的复混水),品系 22 号和 B218 鲜薯产量分别为 23 751.0 和 21 542.0 kg·hm⁻²,比对照东农 303(中国农科院蔬菜研究所提供的脱毒种薯,鲜薯产量 9 508.5 kg·hm⁻²)分别增产 149.8%和 126.6%。

4.2 耐寒耐寡照鉴定

4.2.1 野外生产鉴定 (1)苗期。试验于 2015 年 12 月 25 日至 2016 年 4 月 15 日在南宁市广西农业科学院经济作物研究所试验地进行,试验期间在 2016 年 1 月底马铃薯幼苗遭受田间 $-1\sim -7\text{ }^{\circ}\text{C}$ 持续 5 d 的低温胁迫,胁迫后的桂农薯 1 号幼苗受害级别为 0,叶片和植株生长正常,受害程度轻,耐寒性强,而费乌瑞它幼苗的受害级别为 1 级,有 2~3 片叶片萎蔫卷曲。

(2)薯块膨大期。试验于 2013 年 11 月 15 日至 2014 年 3 月 31 日在南宁市西乡塘区坛洛镇马六坡村马铃薯科研示范基地进行,试验期间尽管遭受 6 次极端低温霜冻($-2\sim -6\text{ }^{\circ}\text{C}$)及从 2014 年 2 月 9 日至 3 月 28 日期间遭受寡照(总日照总数不足 3 h)等不良天气影响,但是桂农薯 1 号和品系 25 号的受害株率仅分别为 16.3% 和 46.0%,极显著低于对照种费乌瑞它的 73%;桂农薯 1 号及品系 25 号的受害株的严重受害比例分别为 0% 和 1.2%,极显著低于对照种费乌瑞它的 31.2%。同时,收获期桂农薯 1 号和品系 25 的平均产量分别高达 $45\ 213.3\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ 和 $41\ 363.1\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$,分别比对照品种费乌瑞它($28\ 084.8\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$)增产 61.0% 和 47.3%,增产均达极显著水平。

4.2.2 实验室鉴定 李华伟等^[14]研究表明:桂农薯 1 号是目前冬作区示范推广品种中唯一耐寒品种,其半致死温度为 $-3.4\text{ }^{\circ}\text{C}$,远低于马铃薯冬作区的主栽品种费乌瑞它($-2.3\text{ }^{\circ}\text{C}$)和冬作区引进示范推广的其他品种(均高于 $-2.7\text{ }^{\circ}\text{C}$)。许娟等^[6]利用人工气候箱对苗期进行 $5\text{ }^{\circ}\text{C}$ 低温胁迫处理 7 d 的研究表明,苗期耐寒性强弱依次为桂农薯 4 号>桂农薯 1 号>中薯 3 号>费乌瑞它。

4.3 病害鉴定

2016 年云南省农作物品种抗性鉴定站(7-8 月)和甘肃省农业科学院植物保护研究所(7-9 月)分别进行温室植株接种晚疫病菌,桂农薯 1 号和桂农薯 4 号均被鉴定为抗晚疫病和抗花叶病毒病品种。

4.4 低海拔冬季繁育脱毒种薯

2015 年 1-5 月和 2016 年 1-6 月分别在玉林市福绵区(N $22^{\circ}56'07.57''$,E $110^{\circ}06'92.74''$,海拔 67 m,示范面积 0.9 hm^2)和南宁市青秀区加踏坡(N $22^{\circ}48'14.47''$,E $108^{\circ}36'52.07''$,海拔 55 m,示范面积 1.0 hm^2)开展桂农薯 1 号脱毒种薯本

地低海拔冬繁示范并通过专家组的田间病害鉴定和测产。

4.4.1 病害 广西农业科学院科技处于 2015 年 4 月 28 日和 2016 年 5 月 24 日组织广西大学、广西农业职业技术学院和广西南宁市植保站等单位组成的专家组分别对上述两示范地进行了马铃薯田间病害调查。结果表明,两示范地的马铃薯田块整体长势良好,对晚疫病的平均病情指数分别为 1.89 和 2.51,属抗晚疫病品种;对病毒病的平均病情指数分别为 0.03 和 0.04,属高抗病毒病品种。所调查田块中均未发现检疫性病害马铃薯癌肿病以及其它限制性非检疫性病害环腐病、粉痂病等。调查结果表明,脱毒种薯在低海拔地区玉林市和南宁市冬繁均未发现有病毒病发生,晚疫病发生仅一级。专家建议,两示范地生产出来的种薯都可以作为生产用种使用。

4.4.2 产量 广西农业科学院科技处分别于 2015 年 5 月 12 日和 2016 年 6 月 3 日组织广西壮族自治区种子管理局、广西大学、广西农学会等单位组成的专家组对上述两示范地进行了田间测产。测产结果表明,两示范地脱毒种薯冬繁产量分别高达 22 560 和 23 325 $\text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ 。

5 结论与讨论

由于马铃薯冬作区在马铃薯生育期间寡照时间长、中期遇到低温霜冻、后期气温回升快并伴随阴雨容易爆发晚疫病等特点,这就要求冬种马铃薯品种需要具有对光照不敏感、抗晚疫病^[15-16]、抗霜冻^[16]等特性。同时,冬作区多种耕作制度并存,如晚稻—冬马铃薯—早稻(或玉米)及幼龄果园间套种、甘蔗套种、香蕉套种等。但不论是哪种种植模式,都要求在连续高温多雨的 4 月到来前能成熟收获,这样才能不影响下一作物早稻或玉米的播种以及甘蔗、幼龄果树的田间管理。因此,要求所种植的马铃薯品种具有早熟、高产^[17]等特点。目前我国马铃薯冬作区已经引进筛选并通过冬作区省级品种审定的少数早熟高产品种,如东农 303、中薯 3 号、费乌瑞它、大西洋、兴佳 2 号等^[18-20],也发现早熟抗晚疫病的中薯 5 号^[21]、早熟较耐寒的中薯 8 号^[22-23]等,但因中薯 5 号和中薯 8 号的产量在地区间、年份间不稳定而未参加冬作区的品种审定。因此,广西农业科学院经济作物研究所基于冬作区的生态特点与耕作栽培制度而构建了品种选育技术并利用该技术最终自主

选育聚合了耐寒(半致死温度 $-3.4\text{ }^{\circ}\text{C}$)^[14]、抗晚疫病、早熟(83~90 d)、高产(比东农 303 增产 9.8%~64.6%)等多个特性并通过了省级品种审定的桂农薯 1 号和桂农薯 4 号。

Levitt^[24]指出,当植物被放置在低温环境中($0\sim 12\text{ }^{\circ}\text{C}$),植物为了适应低温环境,植物体内就会发生一系列的生理生化反应来提高自身对低温的抵抗能力,这一过程被称为低温驯化。野生种马铃薯耐低温品种数远多于栽培种,而且低温驯化能力也强,而栽培种则一般不能忍受低温而且驯化能力弱^[25-29]。魏亮等^[30]等指出,传统的遗传方法很难培育出抗寒性较强的栽培品种,但本研究的结果表明,在利用栽培种作亲本配制的 35 个杂交组合获得实生种后,再将实生种和实生苗经低温驯化筛选又经 7 年自然冬种栽培的生态选择,最终能从 3 个组合中选育出 3 个较耐寒的而且聚合了耐寒耐寡照、抗晚疫病、早熟、高产的品种(系),成功率高达 8.6%。

因此,在今后冬作区马铃薯的育种工作中,在强调种质资源利用的同时应注意选育良种与生态条件的关系,制定与生态条件相适应的育种策略,重视生态资源的利用。同时,要针对马铃薯冬种区后期高温多雨发病重薯块不耐储藏的特点加强耐储藏品种的选育并从分子水平探明耐寒、抗晚疫病、早熟、高产以及耐储藏五者之间的互作关系,为分子设计育种提供理论指导。

针对马铃薯冬作区特定的气候生态条件与耕作栽培制度,构建与之相适应的生态育种技术,能够培育出适合该区域种植的聚合耐寒、抗晚疫病、早熟、高产等多个特性的马铃薯新品种。

参考文献:

- [1] 邓英毅,郑虚,熊军,等.马铃薯新品种桂农薯 1 号冬种田间耐寒性鉴定[J].南方农业学报,2017,48(11):1837-1943.
- [2] 郑虚,邓英毅.广西马铃薯生产现状及发展对策[J].广西农业科学,1999(6):331-333.
- [3] 熊军,唐秀桦,韦民政,等.广西马铃薯新品系比较试验[J].南方农业学报,2013,48(11):1837-1943.
- [4] 古秋霞,林群,黄修杰,等.2015 年广东马铃薯产业发展形势与对策建议[J].广东农业科学,2016,43(3):21-24.
- [5] 廖铭燕,陈斌艳.2008 年初低温雨雪冰冻天气对马铃薯的影响及应对措施[J].广西农学报,2008,23(S):39-40.
- [6] 许娟,郑虚,闫海峰,等.不同马铃薯品种苗期叶片对低温胁迫的生理响应[J].南方农业学报,2016,47(11):1837-1943.
- [7] 龚金龙,张洪程,李杰,等.超级稻生态育种及超高产栽培特征与途径的研究进展[J].中国农业科技导报,2011,13(1):

25-33.

- [8] Mohapatra P K, Sahu S K. Heterogeneity of primary branch development and spikelet survival in rice in relation to assimilates of primary branches[J]. J. Exp. Bot., 1991, 42: 871-879.
- [9] 陈学求,栾立明,贾恩吉,等.玉米耐旱性鉴定与耐旱性育种初报[J].吉林农业大学学报,1999,21(1):5-9.
- [10] 郭数进,李玮瑜,马艳芸,等.山西不同生态型大豆品种苗期耐低温性综合评价[J].植物生态学报,2014,38(9):990-1000.
- [11] 张海清,何觉民,戴君惕,等.小麦生态遗传育种研究[J].麦类作物学报,1995(1):25-27.
- [12] 陈学宽,符菊芬,刘景秋,等.常用甘蔗种质资源抗黑穗病鉴定与分析[J].甘蔗,1996(4):25-26.
- [13] 龚昌洲,朱海泉,曾鸣.湖南黄瓜生态育种[J].湖南农业科学,1997(3):27-29.
- [14] 李华伟,林志坚,许泳清,等.电导率法及 Logistic 方程鉴定马铃薯材料的耐寒性[J].福建农业学报,2016,31(8):810-815.
- [15] 隋启君,白建明,李燕山,等.适合西南地区马铃薯周年生产的新品种选育策略[C]//中国作物学会.马铃薯产业与农村区域发展,哈尔滨:哈尔滨地图出版社,2013:243-247.
- [16] 徐成勇,杨绍江,陈学才,等.四川马铃薯周年生产季节性专用品种选育策略[J].中国种业,2015(2):11-16.
- [17] 熊军,郑虚,唐秀桦,等.马铃薯新品种桂农薯 1 号的选育及栽培技术[J].南方农业学报,2014,45(6):967-971.
- [18] 韦本辉,韦威泰,唐荣华,等.广西冬种马铃薯新品种试种筛选及栽培研究[J].广西农业科学,2004(1):85-86.
- [19] 韦本辉,韦威泰,甘秀芹,等.广西冬种马铃薯新品种筛选和春夏繁种技术研究[J].广西农业科学,2005,36(1):75-78.
- [20] 陈鑫.马铃薯新品种兴佳 2 号栽培技术[J].种子世界,2016(3):50.
- [21] 何新民,谭冠宁,唐洲萍,等.2009 年冬种马铃薯品种比较试验[J].南方农业学报,2011,42(2):142-144.
- [22] 金黎平,屈冬玉,卞春松,等.早熟马铃薯新品种中薯 8 号的选育[J].粮食作物,2007(11):75-76.
- [23] 李丽淑,唐洲萍,王晖,等.广西冬种马铃薯品种比较试验[J].南方农业学报,2012,43(2):167-170.
- [24] Levitt J. Responses of plants to environmental stresses: Volume 1, Chilling, freezing and high temperature stresses[M]. 2nd Physiological Ecology, New York: Academic Press, 1980.
- [25] Chen T H H, Li P H. Characteristics of cold acclimation and de-acclimation in tuber-bearing *Solanum* species[J]. Plant Physiology, 1980, 65: 1146-1148.
- [26] Hawkes J G. The indigenous American potato and their value in plant breeding EJ3[J]. Empire Journal of Experimental Agriculture, 1945, 13: 11-40.
- [27] Mastenbroek C. Some experiences in breeding frost-tolerant potatoes [J]. Euphytica, 1956, 5: 289-297.

[28] Li P H, Palta J P. Frost hardening and freezing stress in tuber-bearing Solanum species[M]. New York: Academic Press, 1978 :49-71.

[29] Baek K H, Skinner D Z. Alteration of antioxidant enzyme gene expression during cold acclimation of near-isogenic wheat lines [J]. Plant Science, 2003, 165:1221-1227.

[30] 魏亮, 李飞, 徐建飞, 等. 马铃薯抗寒性研究进展[J]. 贵州农业科学, 2012, 40(2):14-25.

Creation and Practice of the Ecological Breeding Technology of Potato Planted in Winter

DENG Ying-yi¹, ZHENG Xu², QIN Wei-zhi², XIONG Jun², LIU Guo-min², LI Wei-liu², XU Juan²
(1. College of Agriculture, Guangxi University, Nanning, Guangxi 530004; 2. Cash Crops Research Institute, Guangxi Academy of Agricultural Sciences, Nanning, Guangxi 530007)

Abstract: In order to promote the healthy and stable development of industry of potato planting area in autumn and winter, according to the ecological conditions and the cultivation system of the area where potato cultivated in winter, the potato ecological breeding technology (PEBT) was created and using this technology to breed varieties was practiced. The cold and disease resistance germplasm with early and middle maturity were selected, utilized, hybridized. The seeds and seedlings were domesticated in low temperature. The family and strain of potato tuber from seedling and potato lines planted in winter were identified. These potato lines were tested and demonstrated production in different region. The regional adaptability trial, the high yield performance, and the resistance of them were evaluated under different ecological conditions in winter. The PEBT was constructed, and the new potato varieties of Guinongshu 1 and Guinongshu 4 with cold tolerance, late blight resistance, early maturing, high-yield were bred by using it. Guinongshu 1 and Guinongshu 4 were approved for registration by the Guangxi Committee for Crop Variety Registration. The PEBT was established by aiming at the specific climatic and ecological conditions and cultivating cultivation system in the area of potato planted in winter. The new potato varieties with many characteristics such as cold resistance, late blight resistance, early maturing and high yield suitable for winter planting area could be bred by using the PEBT.

Keywords: potato ecological breeding; Guinongshu 1; Guinongshu 4; planting in winter

(本文作者还有闫海峰、韦民政和唐秀桦, 单位同第二作者)

《黑龙江农业科学》理事会

理事长单位	代表	理事单位	代表
黑龙江省农业科学院	院长 李文华	黑龙江生物科技职业学院	院长 李承林
副理事长单位	代表	宁安县农业委员会	主任 曾令鑫
黑龙江省农业科学院佳木斯水稻研究所	所长 潘国君	农垦科研育种中心哈尔滨科研所	所长 姚希勤
黑龙江省农业科学院五常水稻研究所	所长 张广柱	黑龙江农业职业技术学院	院长 李东阳
黑龙江省农业科学院克山分院	院长 邵立刚	黑龙江职业学院	院长 赵继会
黑龙江省农业科学院黑河分院	院长 张立军	鹤岗市农业科学研究所	所长 姜洪伟
黑龙江省农业科学院绥化分院	院长 陈维元	伊春市农业技术推广中心	主任 张含生
黑龙江农业经济职业学院	院长 孙绍年	甘南县向日葵研究所	所长 孙为民
中储粮北方农业开发有限责任公司	总经理 戴传雄	萝北县农业科学研究所	所长 张海军
常务理事单位	代表	齐齐哈尔市自新种业有限责任公司	总经理 陈自新
勃利县广视种业有限责任公司	总经理 邓宗环	黑龙江省农垦科学院水稻研究所	所长 解保胜
黑龙江垦丰种业有限公司	总经理 刘显辉	黑龙江八一农垦大学农学院	院长 杨克军
黑龙江农业经济职业技术学院	副院长 张季中	绥化市北林区农业技术推广中心	主任 张树春
内蒙古垦丰种业有限公司	董事长 徐万陶	黑龙江省齐齐哈尔农业机械化学学校	校长助理 张北成