



孙邦升,刘喜才,宋继玲,等.鲜食马铃薯种质资源表型性状遗传多样性分析[J].黑龙江农业科学,2020(11):15-19.

鲜食马铃薯种质资源表型性状遗传多样性分析

孙邦升¹,刘喜才¹,宋继玲¹,刘春生,¹杨梦平¹,韩冰²

(1.黑龙江省农业科学院克山分院,黑龙江齐齐哈尔161600;2.黑龙江省农业科学院大庆分院,黑龙江大庆163000)

摘要:为改良马铃薯品种及创新种质资源,对国家马铃薯种质资源克山试管苗库中179份鲜食高产马铃薯种质资源的29个质量性状和7个数量性状,进行Shannon-Wiener指数、相关性和聚类分析。结果表明:质量性状的多样性指数为0.834~1.751,其中顶小叶形状、薯形、皮色、肉色的多样性指数较高;数量性状中,各性状多样性指数范围略高于质量性状,达到了1.597~1.984。相关分析结果显示:产量与淀粉含量呈显著负相关、与干物质含量和主茎数呈负相关,与生育期呈极显著正相关;淀粉含量与干物质含量呈极显著正相关;主茎数与株高、茎粗、生育期和产量呈负相关;生育期与淀粉含量呈显著正相关。聚类分析结果表明:供试的179份种质资源分为6个类群,在早熟育种中可以利用第I类和第IV类种质资源,改良薯形可以利用第IV类种质资源,改良株型可以利用第II类种质资源,选育晚熟高淀粉资源可以利用第III类种质资源。

关键词:马铃薯;种质资源;表型性状;遗传多样性;聚类分析

马铃薯非我国起源的作物,国家一直非常重视马铃薯的变异材料收集和保存工作,引进种质资源是丰富资源多样性的主要手段。黑龙江省农业科学院克山分院自1958年起开始全国马铃薯资源的搜集、保存、整理和利用研究工作。在“七五”期间创建组培室,开始采用库、圃双轨保存马铃薯种质资源^[1]。到2018年底,共收集保存了国内外马铃薯种质资源3000余份,由地方品种、育成品种、优良品系、国外引进品种(品系)构成,并逐年增加。因此了解我国现有资源的收集情况和种质资源多样性是非常必要的,便于今后有针对性地去收集引进稀缺资源,增加我国资源的遗传多样性^[2-4]。随着马铃薯种质资源鉴定的不断完善,黑龙江省农业科学院克山分院制定了马铃薯种质资源鉴定技术规程,完成了保存马铃薯种质资源表型数据的鉴定工作。

本研究以国家马铃薯种质资源克山试管苗库中,鉴定筛选出的179份鲜食马铃薯种质资源为材料,通过对其29个表型性状和7个数量性状的分析,了解鲜食马铃薯种质资源遗传多样性情况,为挖掘优质马铃薯种质资源材料,改良马铃薯品种及创新种质资源提供参考。

1 材料与方法

1.1 材料

以国家马铃薯种质资源克山试管苗库中保存的3000余份马铃薯种质资源中筛选出的来自11个国家和地区的179份高产鲜食马铃薯种质资源为试验材料。试验于2018和2019年,在黑龙江省农业科学院克山分院试验地进行。

1.2 方法

1.2.1 试验设计 采用随机排列设计,两次重复,80 cm 垄距,株距30 cm,行长3 m,双行种植。

1.2.2 性状调查 根据《马铃薯种质资源描述规范和数据标准》^[5],对供试马铃薯种质资源的29个表型性状和7个数量性状进行调查及测定。

1.2.3 数据分析 取2年各性状试验数据的平均值,对试验数据进行统计,并采用DPS 7.05进行聚类及差异显著性分析。通过计算Shannon-Wiener指数(H')分析其遗传多样性。Shannon-weaver遗传多样性指数(Shannon-weaver index of genetic diversity)计算公式如下^[6-7]:

$$H' = - \sum_{i=1}^s p_i \ln p_i$$

式中, p_i 为某一性状第*i*级别内材料份数占总份数的百分比。

同时采用欧式遗传距离和Ward法(离差平方和法)对所有供试材料进行聚类分析。

2 结果与分析

2.1 质量性状的遗传多样性分析

通过对29个表型数据分析发现(表1),鲜食

收稿日期:2020-07-13

基金项目:科技部、财政部国家科技资源共享服务平台项目(NCGRC-2020-44);物种品种资源保护项目(19200360)。

第一作者:孙邦升(1982-),男,硕士,助理研究员,从事马铃薯种质资源收集、保存及鉴定研究。E-mail: sunbangsh-eng0451@163.com。

通信作者:刘喜才(1964-),男,学士,研究员,从事马铃薯种质资源研究。E-mail: kslxc@sina.com。

马铃薯种质资源各表型性状基本覆盖了马铃薯种质资源描述规范内的各性状的描述符,只有花冠颜色、天然结实性、薯形、皮色、肉色中个别性状缺失,百分率分别为 75. 0%、80. 0%、52. 9%、

50. 0%、45. 5%,其中花色缺失红色和黄色,天然结实性缺失极强,这几个性状多为稀有性状;薯形多为圆形、扁圆、长筒、椭圆、扁椭圆;皮色多为乳白、浅黄皮、黄皮、浅红、红皮;肉色多为白、乳白、

表 1 质量性状多样性分析

Table 1 Diversityanalysis of quality traits

性状 Character	现有描述 符个数 Number of existing descriptors	规范描述 符个数 Number of specification descriptors	百分率 Percent/ %	多样性 指数 Diversity index	性状 Character	现有描述 符个数 Number of existing descriptors	规范描述 符个数 Number of specification descriptors	百分率 Percent/ %	多样性 指数 Diversity index
株形 Plant shape	3	3	100. 0	1. 03	柱头形状 Stigma shape	4	4	100. 0	1. 082
分枝数 Number of branches	3	3	100. 0	1. 255	柱头长短 Stigma length	3	3	100. 0	1. 430
植株繁茂性 Plant luxuriance	3	3	100. 0	1. 366	花药形状 Anther shape	3	3	100. 0	1. 079
茎翼形状 Stem wing shape	3	3	100. 0	1. 328	花药颜色 Anther color	4	4	100. 0	1. 258
茎色 Stem color	5	5	100. 0	1. 487	天然结实性 Natural seed setting	4	5	80. 0	0. 834
叶色 Leaf color	3	3	100. 0	1. 219	薯形 Potato shape	9	17	52. 9	1. 502
小叶着生密集度 Density of leaflets	3	3	100. 0	0. 992	皮色 Skin color	6	12	50. 0	1. 209
顶小叶形状 Apical lobule shape	6	6	100. 0	1. 751	肉色 Flesh color	5	11	45. 5	1. 365
托叶形状 Stipule shape	3	3	100. 0	1. 271	芽眼深浅 Depth of bud eye	3	3	100. 0	1. 019
花冠形状 Corolla shape	3	3	100. 0	1. 105	芽眼色 Bud eye color	2	2	100. 0	1. 231
花冠颜色 Corolla color	6	8	75. 0	1. 287	芽眼数量 Bud eyes number	3	3	100. 0	1. 292
重瓣花 Double flower	2	2	100. 0	1. 190	薯皮光滑度 Potato skin smoothness	3	3	100. 0	1. 036
花柄节颜色 Flower stalk section color	2	2	100. 0	1. 062	结薯集中性 Tuber concentration	3	3	100. 0	0. 981
开花繁茂性 Flowering and exuberance	4	4	100. 0	1. 319	块茎整齐度 Tuber uniformity	3	3	100. 0	1. 099
块茎大小 Tuber size	3	3	100. 0	1. 034					

浅黄、黄;各性状多样性指数为 0.834~1.751,其中顶小叶形状多样性指数最高,天然结实性的多样性指数最低,通过以上各性状的多样性分析可知,现有马铃薯鲜食品种资源的表型多样性与人们长期定向选择有关,我国马铃薯种质资源中多以株型半直立、茎绿色、叶缘平展、顶小叶椭圆形、叶绿色、花白色和浅紫色、花药橙色、天然结实性弱、匍匐茎中等、薯形扁圆或椭圆、薯皮淡黄色、薯皮光滑度粗糙、薯肉淡黄色、芽眼深浅中等和薯块大、较整齐等形态特征为主。

2.2 数量性状的遗传多样性分析

对 7 个数量性状的统计分析结果如表 2 所示,数量性状变异系数较高,变异系数为 14.73%~28.89%,其中株高、茎粗和产量变异程度较大,易出现性状分离,干物质和淀粉含量变异较小,分别为 14.73%和 18.39%,茎粗和生育期

的多样性指数较低,分别为 1.597 和 1.620。数量性状中各性状的多样性指数整体较高,明显高于质量性状的多样性指数,说明数量性状在品种选育过程中分离较明显。

2.3 数量性状相关性分析

对 7 个数量性状的相关性分析结果如表 3 所示,产量与淀粉含量、干物质含量和主茎数呈负相关,其中与淀粉含量为显著负相关,与生育期极显著正相关;淀粉含量与干物质含量呈极显著正相关,与生育期呈显著正相关;主茎数与株高、茎粗、生育期和产量呈负相关。以上分析表明,现阶段我国高产鲜食品种的选育主要是选择株高较高、淀粉含量中等、生育期较长的、主茎数较少和干物质含量较低的品种,这与我国现阶段鲜食高产品种多以中晚熟植株茂盛且淀粉含量普遍偏低的现象相一致。

表 2 数量性状变异情况

Table 2 Variation of quantitative traits

性状 Character	最小值 Minimum	最大值 Maximum	平均值 Average	变异系数 Coefficient of variation/%	多样性指数 Diversity index
淀粉含量 Starch content/%	8.80	20.80	14.38	18.39	1.965
干物质含量 Matter content/%	14.70	29.00	20.63	14.73	1.868
株高 Plant height/cm	20.00	80.00	45.00	28.89	1.984
茎粗 Stem diameter/cm	0.52	1.60	0.96	21.77	1.597
主茎数 Number of main stems	3.00	10.00	5.22	17.17	1.712
生育期 Growth period/d	60.00	135.00	93.00	20.80	1.620
产量 Yield/(kg·hm ⁻²)	35000.00	51020.00	43731.00	24.81	1.922

表 3 数量性状相关性

Table 3 Correlation of quantitative traits

数量性状 Quantitative traits	淀粉含量 Starch content	干物质含量 Dry matter content	株高 Plant height	茎粗 Stem diameter	主茎数 Number of main stems	生育期 Growth period	产量 Yield
淀粉含量	1.000						
干物质含量	0.427 *	1.000					
株高	0.372	0.232	1.000				
茎粗	0.264	-0.278	0.342	1.000			
主茎数	0.285	0.131	-0.146	-0.207	1.000		
生育期	0.491 *	0.393	0.156	0.151	-0.374	1.000	
产量	-0.109 *	-0.273	0.268	0.013	-0.224	0.421 **	1.000

注: * 和 ** 分别表示显著相关($P<0.05$)和极显著相关($P<0.01$)。
Note: * and ** represent significant correlation($P<0.05$) and extremely significant correlation($P<0.01$), respectively.

2.4 表型性状聚类分析

通过图 1 聚类分析,按照遗传距离,可以清晰地将 179 份鲜食高产马铃薯种质资源分为 6 大类群,第 I 类株高较矮,分枝较少,茎粗较小,植株繁茂性中等,薯形多样,皮色以黄色为主,肉色多黄色,芽眼多为中等和深,熟性多以早熟和中晚熟为主;第 II 类植株株高中等、植株繁茂、茎色多为紫色、叶色深绿、薯形多样,多为黄皮浅黄肉或乳白肉,中熟品种居多包含部分早熟品种;第 III 类株

高较高、植株繁茂、分枝数中等、茎粗明显大于第 I 类和第 II 类、表皮光滑,多为晚熟品种、淀粉含量较高;第 IV 类株高偏高、薯形以椭圆为主、皮色以乳白和浅黄为主、肉色多为白和乳白、芽眼浅、多为早熟和中早熟品种、淀粉普遍偏低;第 V 类为包含品种最多的一类特点不鲜明,植株偏矮、植株繁茂性弱、薯形以椭圆和圆形为主、皮色肉色多样;第 VI 类多为浅黄皮白肉或乳白肉、薯皮光滑,整齐度较好。

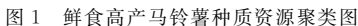


Fig. 1 Cluster diagram of high yield fresh potato germplasm resources

3 结论与讨论

种质资源的遗传多样性分析是高效利用种质资源的基础性工作^[8-9]。马铃薯非我国本土起源作物,种质资源主要依靠外部引进和自我种质创新,由于各国对种质资源的保护力度不断加大,从国外引进资源将越来越困难,所以在国内种质资源不断创新的基础上,对现有资源的基因挖掘就相当重要^[10-11]。本试验对质量性状分析结果表明:我国鲜食马铃薯表型性状基本覆盖了《马铃薯种质资源描述规范与数据标准》内各性状的描述符,但薯形、皮色、肉色中缺失性状较多,薯形多为椭圆和圆形,皮色多为黄皮和浅黄皮,肉色多为乳白、浅黄和黄,这与人为的长期选择有关,一些特色性状的收集和创新力度不够,需要针对这几个性状的特色资源有针对性地收集和创新。对于数量性状的分析表明:干物质和淀粉含量变异较小,这个结果与我国育成品种缺少加工品种相对应。茎粗和生育期的多样性指数较低,通过对生育期性状的调查发现我国马铃薯种质资源中多以中晚熟和晚熟品种为主,早熟品种很少,需要在今后的种质资源收集和品种选育过程中加大相关资源的收集和选育。数量性状间的相关性分析表明产量和品质呈负相关,在追求产量的前提下怎样合理提高品质,在马铃薯研究中也是一个永恒的命题。通过聚类分析将 179 份鲜食马铃薯种质资源划分为六类,在早熟育种中可以利用第 I 类和第 IV 类

种质资源;改良薯形可以利用第 IV 类种质资源;改良株型可以利用第 II 类种质资源;选育晚熟高淀粉资源可以利用第 III 类种质资源。

参考文献:

- [1] 杨鸿祖. 全国马铃薯品种资源编目[M]. 哈尔滨: 黑龙江科学技术出版社, 1983.
- [2] 金黎平, 屈冬玉, 谢开云, 等. 中国马铃薯种质资源和育种技术研究进展[J]. 种子, 2003(5): 98-100.
- [3] 杨春, 齐海英. 马铃薯种质资源表型性状的遗传多样性分析[J]. 农学报, 2020(5): 13-21.
- [4] 马恢, 尹江, 张希近, 等. 冀西北盐碱地马铃薯农艺性状主成分及聚类分析[J]. 中国马铃薯, 2004, 18(3): 136-139.
- [5] 刘喜才, 张丽娟. 马铃薯种质资源描述规范和数据标准[M]. 北京: 中国农出版社, 2006.
- [6] 李瑞美, 张树河, 李海明, 等. 地方果蔗品种种质资源形态与农艺性状的多样性分析[J]. 热带亚热带植物学报, 2015, 23(4): 399-404.
- [7] 康智明, 郑开斌, 徐晓俞, 等. 2015. 不同蚕豆品种农艺及品质性状的遗传多样性分析[J]. 福建农业学报, 30(3): 249-252.
- [8] 许庆芬, 盛万民, 陈伊里. 马铃薯早熟组合重要农艺性状分离趋势研究[J]. 东北农业大学学报, 2008, 39(5): 6-10.
- [9] 胡建斌, 马双武, 简在海, 等. 中国甜瓜种质资源形态性状遗传多样性分析[J]. 植物遗传资源学报, 2013, 14(4): 612-619.
- [10] 邹瑜, 杨柳, 黄大辉, 等. 70 份毛葡萄种质资源遗传多样性的 SSR 分析[J]. 南方农业学报, 2013, 44(12): 1943-1948.
- [11] 赵光磊, 张雅奎, 吴凌娟, 等. 引进国外马铃薯种质资源的遗传多样性分析[J]. 中国农学通报, 2017, 33(15): 21-24.

Genetic Diversity of Phenotypic Traits in Fresh Potato Germplasm Resources

SUN Bang-sheng¹, LIU Xi-cai¹, SONG Ji-ling¹, LIU Chun-sheng¹, YANG Meng-ping¹, HAN Bing²

(1. Keshan Branch, Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences, Qiqihar 161600, China; 2. Daqing Branch, Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences, Daqing 163000, China)

Abstract: In order to improve potato varieties and innovate germplasm resources, 29 quality characters and 7 quantitative characters of 179 fresh eating and high-yield potato germplasm resources were analyzed by Shannon Wiener index, correlation and cluster analysis. The results showed that the diversity index of quality traits ranged from 0.834 to 1.751, among which the diversity index of apical leaflet shape, potato shape, skin color and meat color was higher; among quantitative traits, the diversity index range of each character was slightly higher than that of quality traits, reaching 1.597-1.984. The results of correlation analysis showed that, there was significant negative correlation between yield and starch content, negative correlation with dry matter content and main stem number, and extremely significant positive correlation between starch content and dry matter content; significant positive correlation between starch content and dry matter content; negative correlation between main stem number and plant height, stem diameter, growth period and yield; significant positive correlation between growth period and starch content. The results of cluster analysis showed that 179 germplasm resources were divided into 6 groups. In early maturing breeding, class I and IV germplasm resources could be used, class IV germplasm resources could be used for improving potato shape, class II germplasm resources could be used for improving plant type, and class III germplasm resources could be used for breeding late maturing high starch resources.

Keywords: potato; germplasm resources; phenotypic traits; genetic diversity; cluster analysis