

中图分类号: S532 文献标识码: A 文章编号: 1672-3635(2023)02-0097-13

DOI: 10.19918/j.cnki.1672-3635.2023.02.001

遗传育种

加工型马铃薯种质资源的评价与筛选

李芳弟, 王 鹏, 颀炜清, 杨 晨, 赵尚文, 吕 汰*

(天水市农业科学研究所, 甘肃 天水 741001)

摘 要: 为了创制优异的加工型马铃薯基因型和新品种, 试验对98份马铃薯种质的块茎品质(淀粉、还原糖含量)进行检测, 鉴定筛选出20份高淀粉(淀粉含量 $\geq 18.0\%$)种质材料, 39份低还原糖(还原糖含量 $\leq 0.20\%$)种质材料。根据种质的亲缘关系和主要特性进行杂交亲本的选配, 配制“高淀粉 $\times$ 低还原糖”类型的杂交亲本组合, 筛选出后代 F_1 单株表现优异的炸片高淀粉加工型组合“天薯10号 $\times$ 克新17号”。对组合“天薯10号 $\times$ 克新17号”后代239份 F_1 群体的淀粉含量、还原糖含量和炸片色泽进行检测与分析, 鉴定筛选出一批具有优良基因型的马铃薯种质材料: 83份基因型淀粉含量 $\geq 18.0\%$, 56份基因型还原糖含量 $\leq 0.20\%$, 85份基因型炸片色泽值 ≤ 3.0 。这些优异的基因型可作为高淀粉和低还原糖马铃薯品种选育的亲本材料。

关键词: 马铃薯; 种质资源; 评价; 筛选

Evaluation and Screening of Processing Potato Germplasm Resources

LI Fangdi, WANG Peng, XIE Weiqing, YANG Chen, ZHAO Shangwen, LU Tai*

(Tianshui Institute of Agricultural Sciences, Tianshui, Gansu 741001, China)

Abstract: Qualities (starch and reducing sugar contents) of 98 potato germplasm resources were tested, and 20 high starch germplasm materials (starch content $\geq 18.0\%$) and 39 low reducing sugar germplasm materials (reducing sugar content $\leq 0.20\%$) were identified and screened out in order to develop excellent processing potato genotypes and new varieties. According to the genetic relationship and the main characteristics of germplasm, the hybrid parents were selected to make the crosses of high starch $\times$ low reducing sugar, in which the cross of "Tianshu 10 $\times$ Kexin 17" with a high frequency of desired genotypes were identified. The contents of starch and reducing sugar, and fried potato chip colors of 239 progenies in F_1 population in the cross were tested and analyzed, and a batch of genotypes with excellent traits were identified and selected, including 83 genotypes with starch content $\geq 18.0\%$, 56 genotypes with reducing sugar content $\leq 0.20\%$ and 85 genotypes with fried chip color value ≤ 3.0 . These excellent genotypes could be used as parental materials for breeding potato varieties with high starch and low reducing sugar.

Key Words: potato; germplasm resource; evaluation; screening

收稿日期: 2023-02-10

基金项目: 现代农业产业技术体系专项(CARS-09); 杨凌种业创新中心重点研发项目(Ylzy-mls-02); 甘肃省科技重大专项计划(GZGG-2021-4); 天水市科技支撑计划项目(2021-NCK-7991)。

作者简介: 李芳弟(1981-), 女, 硕士, 助理研究员, 主要从事马铃薯育种工作。

*通信作者(Corresponding author): 吕汰, 研究员, 主要从事马铃薯育种与栽培技术研究工作, E-mail: lvtai123@163.com。

马铃薯(*Solanum tuberosum* L.)耐寒、耐旱、耐瘠薄, 适应性广, 营养丰富, 生产周期短, 单产高, 加工用途广, 与其他粮食作物相比有着明显的种植优势。马铃薯在稳定粮食生产、推进农业供给侧结构性改革, 助力脱贫攻坚, 以及促进乡村振兴中发挥着越来越重要的作用, 在马铃薯主粮化战略实施中日益凸显其重要地位。当前经济飞速发展, 马铃薯已由温饱消费向营养健康消费转变, 不断改善和丰富人们膳食营养结构。随着马铃薯加工技术的不断完善和市场需求的快速增长, 马铃薯深加工利用潜力巨大, 主食产品潜在需求不断被挖掘, 市场对淀粉、全粉、薯片和薯条等加工专用型马铃薯品种的需求量不断增加。马铃薯主食深加工对品质性状的优质程度有着较高的要求, 因此, 马铃薯育种已经从传统单一的高产育种发展到多种用途选育的品质育种时代。

目前, 世界各地已将马铃薯做成饭桌上和休闲娱乐时的美味佳肴, 如馒头、面包、面条、粉条、粉丝、粉皮、土豆丝、土豆酱、薯片、薯条、方便食品^[1-5]。2015年国家马铃薯产业技术体系首席专家金黎平研究员提出马铃薯主粮化的核心在于深加工, 而深加工的源头就在于专用型品种的选育^[6,7]。近二三十年全球变性淀粉生产发展非常迅速, 已能够加工生产出2 000多种产品, 作为重要的工业原料, 由于性能稳定被广泛地运用于食品、医药、化工、饲料加工、石油钻探、纺织、造纸等工业中^[8-12]。近年来, 中国对马铃薯加工产品的需求大大增强, 如马铃薯全粉需求量达10万t, 精淀粉需求量达250万t, 薯条需求量达40万t, 薯片需求量达10万t^[13]。加工型马铃薯的育种要求与普通品种不同, 除了要求高产、优质、多抗、高商品薯率和耐贮藏外, 还应满足适合不同加工工艺所需的特殊性状要求^[14-17]。炸片加工型品种的薯形要求呈圆形或者接近圆形, 结薯整齐, 重量在80~350 g, 薯皮光滑且较薄, 皮色为乳黄色或黄棕色, 芽眼少而浅, 薯肉颜色以白色或者乳白色为宜, 通常要求炸条加工型马铃薯品种干物质含量在20%~26%, 炸片加工型马铃薯品种干物质含量在22%~25%, 蒸煮加工型马

薯干物质含量应高于21%^[18]。油炸加工型品种块茎内还原糖含量应约为鲜重的0.1%, 上限不宜超过0.4%^[19]。色泽是评价加工产品质量的首要因素, 直接影响着消费者对产品的接受度^[20]。

天水市农业科学研究所国家马铃薯产业技术体系的平台支持下, 加强交流与合作, 先后从中国农业科学院蔬菜花卉研究所、湖北省农业科学院粮食作物研究所、云南省农业科学院经济作物研究所、青海省农林科学院生物技术研究所以、山西省农业科学院、黑龙江省农业科学院克山分院、宁夏农林科学院固原分院、陕西省安康市农业科学研究所等多所科研机构收集引进主粮化马铃薯种质资源材料。鉴定评价了这些马铃薯种质的农艺性状、块茎品质等生物学和生理学特性, 并借助分子标记技术明确了种质材料之间的亲缘关系^[21]。为了将这些材料充分运用到马铃薯育种当中, 本研究在明确了这些种质材料特征特性及遗传背景的基础上进行杂交亲本选配, 进一步筛选出一批加工性状表现优异的马铃薯材料和优质抗病的马铃薯新品种。

1 材料与方法

1.1 试验材料

供试马铃薯种质材料共计98份(表1), 包括甘肃省内育成品种14个, 甘肃省外引进种质资源80份, 收集甘肃省天水市地方马铃薯品种4个。

1.2 试验方法

1.2.1 配置杂交组合

试验地设置于天水市农业科学研究所中梁试验基地, 位于甘肃省天水市秦州区中梁镇何家湾村(N 34°36', E 105°39'), 海拔1 650 m, 前茬作物为冬小麦。试验时间为2020~2022年。2020年4月8日将98份种质资源进行播种, 每行10株, 3行区。行距60 cm, 株距33 cm, 每小区30株, 密度为3 333株/667m², 9月28日收获, 10月20日进行淀粉和还原糖含量检测。2021年4月12日再次将98份种质材料进行播种, 在盛花期根据98份马铃薯种质资源的不同特性进行杂交亲本的选配, 配制“高淀粉×低还原糖”类型的杂交亲本组

合(表2), 通过人工授粉杂交获得实生种子。2022年经温室育苗获得F₁无性一代单株群体, 收

获20 d后取样进行淀粉、还原糖含量和炸片色泽检测。

表1 供试马铃薯种质名称及来源

Table 1 Name and source of the tested materials

编号 Code	名称 Name	来源 Source	编号 Code	名称 Name	来源 Source
1	云薯501	云南省农业科学院经济作物研究所	39	青12-9-81	青海省农林科学院生物技术研究所
2	农天1号	天水市农业科学研究所	40	郑薯8号	郑州市蔬菜研究所
3	陇薯8号	农业科学院马铃薯研究所	41	秦州红	甘肃天水农家品种
4	B13	青海省农林科学院生物技术研究所	42	云薯401	云南省农业科学院经济作物研究所
5	鄂马铃薯7号	湖北省农业科学院粮食作物研究所	43	云薯202	云南省农业科学院经济作物研究所
6	天薯12号	天水市农业科学研究所	44	青薯6号	青海省农林科学院生物技术研究所
7	陇薯7号	甘肃省农业科学院马铃薯研究所	45	克新6号	黑龙江省农业科学院克山分院
8	蒙薯19号	呼伦贝尔市农业科学研究所	46	米拉	青海省农林科学院生物技术研究所
9	国外2号	青海省农林科学院生物技术研究所	47	早大白	青海省农林科学院生物技术研究所
10	天薯9号	天水市农业科学研究所	48	大西洋	青海省农林科学院生物技术研究所
11	丽薯7号	丽江市农业科学研究所	49	中薯8号	中国农业科学院蔬菜花卉研究所
12	晋薯11号	山西省农业科学院	50	希森6号	乐陵希森马铃薯产业集团有限公司
13	云薯103	云南省农业科学院经济作物研究所	51	希森5号	乐陵希森马铃薯产业集团有限公司
14	晋薯15号	山西省农业科学院	52	陇薯6号	甘肃省农业科学院马铃薯研究所
15	天薯11号	天水市农业科学研究所	53	红玫瑰	乐陵希森马铃薯产业集团有限公司
16	中薯5号	中国农业科学院蔬菜花卉研究所	54	丽薯6号	丽江市农业科学研究所
17	中薯17号	中国农业科学院蔬菜花卉研究所	55	延薯4号	延边朝鲜族自治州农业科学院
18	天薯10号	天水市农业科学研究所	56	肯德	青海省农林科学院生物技术研究所
19	克新25号	黑龙江省农业科学院克山分院	57	青薯7号	青海省农林科学院生物技术研究所
20	中薯4号	中国农业科学院蔬菜花卉研究所	58	云薯605	云南省农业科学院经济作物研究所
21	宁薯15号	宁夏农林科学院固原分院	59	虎头	青海省农林科学院生物技术研究所
22	秦芋32号	安康市农业科学研究院	60	中薯18号	中国农业科学院蔬菜花卉研究所
23	秦芋30号	安康市农业科学研究院	61	延薯9号	延边朝鲜族自治州农业科学院
24	丽薯10号	丽江市农业科学研究所	62	中薯7号	中国农业科学院蔬菜花卉研究所
25	鄂马铃薯10号	湖北省农业科学院粮食作物研究所	63	克新22号	黑龙江省农业科学院克山分院
26	丽薯12号	丽江市农业科学研究所	64	中薯19号	中国农业科学院蔬菜花卉研究所
27	东农310	东北农业大学	65	延薯8号	延边朝鲜族自治州农业科学院
28	云薯505	云南省农业科学院经济作物研究所	66	鄂马铃薯5号	湖北省农业科学院粮食作物研究所
29	中薯21号	中国农业科学院蔬菜花卉研究所	67	华恩1号	华中农业大学
30	晋薯16号	山西省农业科学院	68	中薯10号	中国农业科学院蔬菜花卉研究所
31	1025	乐陵希森马铃薯产业集团有限公司	69	延薯7号	延边朝鲜族自治州农业科学院
32	镇薯1号	云南省农业科学院经济作物研究所	70	宣薯5号	宣威市农业技术推广中心
33	甘谷红	甘肃天水农家品种	71	川凉薯7号	凉山州西昌农业科学研究所
34	甘谷紫	甘肃天水农家品种	72	毕薯2号	毕节市农业科学研究所
35	五龙洋芋	甘肃天水农家品种	73	延薯10号	延边朝鲜族自治州农业科学院
36	陇薯10号	甘肃省农业科学院马铃薯研究所	74	中薯3号	中国农业科学院蔬菜花卉研究所
37	云薯506	云南省农业科学院经济作物研究所	75	庄薯4号	庄浪县农业技术推广中心
38	郑薯6号	郑州市蔬菜研究所	76	青薯2号	青海省农林科学院生物技术研究所

续表 1

编号 Code	名称 Name	来源 Source	编号 Code	名称 Name	来源 Source
77	云薯 201	云南省农业科学院经济作物研究所	88	青薯 9 号	青海省农林科学院生物技术研究所
78	冀张薯 14 号	河北省高寒作物研究所	89	克新 17 号	黑龙江省农业科学院克山分院
79	蒙薯 10 号	呼伦贝尔市农业科学研究所	90	费乌瑞它	青海省农林科学院生物技术研究所
80	中薯 11 号	中国农业科学院蔬菜花卉研究所	91	冀张薯 12 号	河北省高寒作物研究所
81	冀张薯 8 号	河北省高寒作物研究所	92	夏坡蒂	青海省农林科学院生物技术研究所
82	陇薯 13 号	甘肃省农业科学院马铃薯研究所	93	农天 2 号	天水市农业科学研究所
83	蒙薯 17 号	呼伦贝尔市农业科学研究所	94	云薯 606	云南省农业科学院经济作物研究所
84	郑薯 7 号	郑州市蔬菜研究所	95	苏兰 1 号	乐陵希森马铃薯产业集团有限公司
85	希森 3 号	乐陵希森马铃薯产业集团有限公司	96	鄂马铃薯 11 号	湖北省农业科学院粮食作物研究所
86	天薯 13 号	天水市农业科学研究所	97	讷薯 16 号	青海省农林科学院生物技术研究所
87	陇薯 12 号	甘肃省农业科学院马铃薯研究所	98	青薯 10 号	青海省农林科学院生物技术研究所

表 2 高淀粉 × 低还原糖杂交组合配制

Table 2 Crosses of high starch × low reducing sugar

组合类型 Combination type	组合名称 Combination name
高淀粉 × 低还原糖 High starch × low reducing sugar	云薯 401 × 青薯 10 号 宣薯 5 号 × 青薯 10 号 天薯 10 号 × 克新 17 号 定薯 4 号 × 克新 22 号 天薯 12 号 × 蒙薯 10 号 天薯 13 号 × 陇薯 12 号 鄂马铃薯 7 号 × 天薯 13 号

1.2.2 淀粉含量测定

淀粉含量测定采用苯酚-硫酸法^[22]。绘制马铃薯淀粉标准曲线: 准确称取无水葡萄糖 100 mg (55~56℃真空干燥) 于 250 mL 烧杯中, 加 100~200 mL 蒸馏水, 定容于 1 000 mL 容量瓶中(或定容于 500 mL 容量瓶, 再以溶液与蒸馏水 1:1 体积配比), 则还原糖浓度为 100 μg/mL。分别吸取 0,

0.2, 0.4, 0.6, 0.8, 1.0, 1.2, 1.4 和 2.0 mL, 各以蒸馏水补至 2.0 mL, 后加入 6% 苯酚 1.0 mL、浓硫酸 5.0 mL, 摇匀至冷却, 室温放置 20 min 后于 490 nm 测吸光度, 空白为以 2.0 mL 水按同样显色操作(表 3)。最终得到回归方程。

样品淀粉含量测定: 随机选取 3 个马铃薯块茎, 洗干净、擦干、去皮、切小块, 称取 15 g, 加 85% 乙醇 100 mL, 在粉碎机(耐欧, 中国)中捣碎, 置烧杯中, 80℃水浴(予英 HH-4 数显恒温水浴锅, 中国)中提取 20 min, 其间摇动数次。以 12 000 r/min 离心 10 min, 上清液备用。这样做可抑制淀粉糊化和细菌生长, 使还原糖完全浸出, 沉淀蛋白, 提取液清亮和存放时间长。取马铃薯水解液 1 mL 稀释 50 倍, 取 2 mL 于试管中, 然后加入 6% 苯酚 1.0 mL、浓硫酸 5.0 mL, 摇匀冷却, 室温放置 20 min, 于 490 nm 测吸光度(欧莱博 752N 分光光度计, 中国)。

表 3 各试管标准液和蒸馏水量

Table 3 Standard solution and distilled water of each test tube

项目 Item	编号 Code									
	0	1~2	3~4	5~6	7~8	9~10	11~12	13~14	15~16	17~18
淀粉标准液(mL) Starch standard solution	0	0.2	0.4	0.6	0.8	1.0	1.2	1.4	1.6	2.0
蒸馏水(mL) Distilled water	2.0	1.8	1.6	1.4	1.2	1.0	0.8	0.6	0.4	0
淀粉含量(μg) Starch content	0	20	40	60	80	100	120	140	160	200

淀粉水解时, 在单糖残基上加1个水分子, 因而计算时所得的糖量乘以0.9才为扣除加入水量后的实际淀粉含量。

淀粉含量(%) = $[C \times (V/a) \times 50] / (W \times 10^6) \times 0.9 \times 100$

式中: C 为标准曲线查得的淀粉含量(mg); V 为提取液总量(mL); a 为显色时取液量(mL); W 为样品重(g)。

1.2.3 还原糖含量测定

还原糖含量测定方法采用3,5-二硝基水杨酸

比色法^[23]。绘制标准曲线: 不加葡萄糖的作为对照, 用移液管吸取 0, 0.05, 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5, 0.6, 0.7 和 1.0 mL 的 0.1% 葡萄糖标准液分别置于试管中, 用蒸馏水补充至 1 mL, 再加 3,5-二硝基水杨酸溶液 1 mL, 摇匀, 置沸水中煮 5 min, 取出后迅速冷却, 加蒸馏水至 10 mL, 用未加葡萄糖标准液的试管作为空白调零, 分光光度计在 530 nm 波长处测定吸光度值。以吸光度值作纵坐标, 葡萄糖标准系列中葡萄糖含量(mg)作横坐标, 绘制标准曲线(表4)。

表4 各试管溶液和试剂的量
Table 4 Solution and reagent of each test tube

项目 Item	编号Code											
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
葡萄糖标准液(mL) Glucose standard solution	0	0.05	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
蒸馏水(mL) Distilled water	1.0	0.95	0.9	0.8	0.7	0.6	0.5	0.4	0.3	0.2	0.9	0
3,5-二硝基水杨酸(mL) 3,5-dinitrosalicylic acid	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
葡萄糖含量(mg) Glucose content	0	0.05	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0

样品测定: 取马铃薯水解液 1 mL, 加 3,5-二硝基水杨酸溶液 1 mL, 以下同标准曲线。

还原糖(以葡萄糖计)(%) = $[C \times (V/a)] / (M \times 10^3) \times 100$

式中: C 为标准曲线方程求得还原糖量(mg); V 为还原糖提取液的总体积(mL); a 为显色时取液量(mL); M 为样品重量(g)。

1.2.4 马铃薯炸片色泽的测定及分析

炸片加工方法及色泽划分: 马铃薯块茎清洗去皮后, 采用切片机(Robot Coupe CL50, 法国)切成 0.8 mm 厚的薄片。用冷水漂洗 1 min, 随机挑选 10 片, 用滤纸吸取薯片表面水分, 恒温 180℃ 的菜籽油(鲁花, 中国)炸 1 min。炸片色泽采用美国快餐食品协会(Snack Food Association, SFA)的马铃薯炸片标准色图(图1), 共分为 5 个级别(1~5 级, 极浅~极深)。

炸片色泽分值 = $(\sum \text{级数} \times \text{该级炸片数}) / \text{总炸片数}$
色泽分值越低, 说明油炸加工品质越好。炸片色泽分值可将炸片分为三个等级, 适于炸片加工的(分值≤3), 中等(分值 3.1~4.5)以及不适于炸

片加工(分值>4.5), 分值低于 4.5 的基因型可用于马铃薯炸片的商业加工。

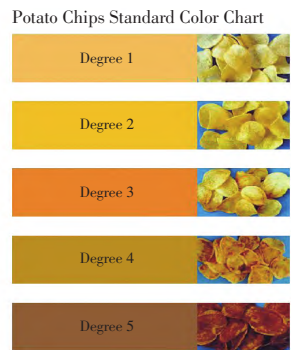


图1 美国快餐食品协会(Snack Food Association, SFA) 马铃薯炸片标准色图
Figure 1 Standard color chart of potato chips of SFA (Snack Food Association)

2 结果与分析

2.1 马铃薯种质淀粉含量

供试马铃薯材料的淀粉含量在 10.1%(‘延薯 7

号')~24.8%(‘陇薯8号’)。淀粉含量比较高(淀粉含量 $\geq 18.0\%$)的20份种质材料, 分别为: ‘陇薯8号’‘蒙薯19号’‘青薯2号’‘蒙薯10号’‘天薯10号’‘丽薯10号’‘宁薯15号’‘克新22号’‘华恩1

号’‘陇薯10号’‘云薯401’‘米拉’‘鄂马铃薯10号’‘云薯505’‘青薯10号’‘庄薯4号’‘天薯13号’‘陇薯12号’‘青薯9号’和‘青薯6号’(表5)。这些材料可用于高淀粉马铃薯品种选育的亲本材料。

表5 供试马铃薯种质的淀粉含量

Table 5 Starch content of tested potato germplasm

编号 Code	品种 Variety	淀粉(%) Starch	编号 Code	品种 Variety	淀粉(%) Starch	编号 Code	品种 Variety	淀粉(%) Starch	编号 Code	品种 Variety	淀粉(%) Starch
1	云薯501	13.5	26	丽薯12号	16.5	51	希森5号	17.6	76	青薯2号	24.2
2	农天1号	15.6	27	东农310	17.4	52	陇薯6号	16.1	77	云薯201	15.2
3	陇薯8号	24.8	28	云薯505	19.6	53	红玫瑰	14.6	78	冀张薯14号	14.3
4	B13	16.8	29	中薯21号	15.8	54	丽薯6号	14.2	79	蒙薯10号	23.5
5	鄂马铃薯7号	11.5	30	晋薯16号	15.6	55	延薯4号	13.8	80	中薯11号	13.5
6	天薯12号	16.0	31	1025	15.8	56	肯德	15.9	81	冀张薯8号	14.6
7	陇薯7号	13.0	32	镇薯1号	17.8	57	青薯7号	16.9	82	陇薯13号	16.0
8	蒙薯19号	21.2	33	甘谷红	16.7	58	云薯605	16.8	83	蒙薯17号	15.0
9	国外2号	11.8	34	甘谷紫	15.3	59	虎头	17.8	84	郑薯7号	12.2
10	天薯9号	16.2	35	五龙洋芋	16.2	60	中薯18号	15.0	85	希森3号	12.9
11	丽薯7号	14.4	36	陇薯10号	18.0	61	延薯9号	11.9	86	天薯13号	19.1
12	晋薯11号	15.3	37	云薯506	17.1	62	中薯7号	13.2	87	陇薯12号	20.1
13	云薯103	14.5	38	郑薯6号	14.0	63	克新22号	20.1	88	青薯9号	19.6
14	晋薯15号	17.5	39	青12-9-81	15.1	64	中薯19号	14.0	89	克新17号	14.0
15	天薯11号	15.2	40	郑薯8号	12.0	65	延薯8号	12.5	90	费乌瑞它	16.2
16	中薯5号	12.8	41	秦州红	15.1	66	鄂马铃薯5号	14.0	91	冀张薯12号	13.5
17	中薯17号	11.2	42	云薯401	18.0	67	华恩1号	19.0	92	夏坡蒂	16.2
18	天薯10号	19.4	43	云薯202	15.1	68	中薯10号	13.8	93	农天2号	15.3
19	克新25号	10.4	44	青薯6号	18.2	69	延薯7号	10.1	94	云薯606	16.2
20	中薯4号	11.6	45	克新6号	14.0	70	宣薯5号	16.1	95	苏兰1号	14.8
21	宁薯15号	21.4	46	米拉	18.2	71	川凉薯7号	16.2	96	鄂马铃薯11号	12.4
22	秦芋32号	11.5	47	早大白	12.1	72	毕薯2号	17.5	97	讷薯16号	15.2
23	秦芋30号	15.4	48	大西洋	15.8	73	延薯10号	14.6	98	青薯10号	19.7
24	丽薯10号	19.9	49	中薯8号	12.1	74	中薯3号	13.2			
25	鄂马铃薯10号	18.4	50	希森6号	14.7	75	庄薯4号	18.2			

注: 数据为3次重复平均值。下同。

Note: Data are the average of three replicates. The same below.

2.2 马铃薯种质还原糖含量

供试马铃薯种质的还原糖含量在0.01%(‘虎头’)-0.51%(‘延薯4号’)。其中, ‘农天1号’‘陇薯8号’‘B13’‘鄂马铃薯7号’‘天薯12号’‘国外2号’‘丽薯7号’‘云薯103’‘秦芋30号’‘丽薯10号’‘丽薯12号’‘陇薯10号’‘郑薯6号’‘青12-9-81’‘云薯401’‘云薯202’‘克新6号’‘大西洋’‘希森5

号’‘希森6号’‘丽薯6号’‘青薯7号’‘云薯605’‘虎头’‘延薯9号’‘中薯7号’‘延薯8号’‘华恩1号’‘中薯10号’‘毕薯2号’‘庄薯4号’‘云薯201’‘中薯11号’‘蒙薯17号’‘天薯13号’‘陇薯12号’‘克新17号’‘冀张薯12号’和‘农天2号’39份种质材料还原糖含量 $\leq 0.20\%$ (表6), 可用于低还原糖马铃薯品种选育的亲本材料。

表6 供试马铃薯种质还原糖含量

Table 6 Reducing sugar content of tested potato germplasm

编号 Code	品种 Variety	还原糖(%) Reducing sugar	编号 Code	品种 Variety	还原糖(%) Reducing sugar	编号 Code	品种 Variety	还原糖(%) Reducing sugar	编号 Code	品种 Variety	还原糖(%) Reducing sugar
1	云薯501	0.41	26	丽薯12号	0.08	51	希森5号	0.11	76	青薯2号	0.62
2	农天1号	0.20	27	东农310	0.38	52	陇薯6号	0.36	77	云薯201	0.18
3	陇薯8号	0.20	28	云薯505	0.24	53	红玫瑰	0.25	78	冀张薯14号	0.28
4	B13	0.09	29	中薯21号	0.45	54	丽薯6号	0.16	79	蒙薯10号	0.25
5	鄂马铃薯7号	0.10	30	晋薯16号	0.42	55	延薯4号	0.51	80	中薯11号	0.16
6	天薯12号	0.20	31	1025	0.24	56	肯德	0.21	81	冀张薯8号	0.27
7	陇薯7号	0.25	32	镇薯1号	0.25	57	青薯7号	0.16	82	陇薯13号	0.38
8	蒙薯19号	0.41	33	甘谷红	0.28	58	云薯605	0.16	83	蒙薯17号	0.10
9	国外2号	0.08	34	甘谷紫	0.23	59	虎头	0.01	84	郑薯7号	0.80
10	天薯9号	0.22	35	五龙洋芋	0.24	60	中薯18号	0.41	85	希森3号	0.60
11	丽薯7号	0.20	36	陇薯10号	0.16	61	延薯9号	0.09	86	天薯13号	0.11
12	晋薯11号	0.28	37	云薯506	0.21	62	中薯7号	0.20	87	陇薯12号	0.10
13	云薯103	0.19	38	郑薯6号	0.17	63	克新22号	0.26	88	青薯9号	0.25
14	晋薯15号	0.49	39	青12-9-81	0.08	64	中薯19号	0.26	89	克新17号	0.18
15	天薯11号	0.21	40	郑薯8号	0.25	65	延薯8号	0.12	90	费乌瑞它	0.25
16	中薯5号	0.50	41	秦州红	0.23	66	鄂马铃薯5号	0.21	91	冀张薯12号	0.14
17	中薯17号	0.45	42	云薯401	0.14	67	华恩1号	0.13	92	夏坡蒂	0.25
18	天薯10号	0.44	43	云薯202	0.18	68	中薯10号	0.17	93	农天2号	0.18
19	克新25号	0.43	44	青薯6号	0.30	69	延薯7号	0.39	94	云薯606	0.21
20	中薯4号	0.39	45	克新6号	0.20	70	宣薯5号	0.30	95	苏兰1号	0.24
21	宁薯15号	0.47	46	米拉	0.24	71	川凉薯7号	0.30	96	鄂马铃薯11号	0.36
22	秦芋32号	0.29	47	早大白	1.20	72	毕薯2号	0.08	97	讷薯16号	0.22
23	秦芋30号	0.19	48	大西洋	0.08	73	延薯10号	0.23	98	青薯10号	0.25
24	丽薯10号	0.16	49	中薯8号	0.41	74	中薯3号	0.30			
25	鄂马铃薯10号	0.30	50	希森6号	0.13	75	庄薯4号	0.10			

2.3 马铃薯种质品质综合鉴定

综合98份马铃薯种质材料的淀粉含量和还原糖含量的测定结果,鉴定筛选出20份高淀粉含量种质(淀粉含量 $\geq 18.0\%$),39份低还原糖含量(还原糖含量 $\leq 0.20\%$)种质。配制“高淀粉 $\times$ 低还原糖”杂交组合,最终筛选出后代 F_1 单株表现优异的组合炸片高淀粉加工型组合“天薯10号 $\times$ 克新17号”,母本‘天薯10号’(以‘T’表示)是天水市农业科学研究所育成的高淀粉马铃薯品种,父本‘克新17号’(以‘K’表示)是黑龙江省农业科学院克山分院选育的低还原糖马铃薯品种。“天薯10号 $\times$ 克新17号”杂交后代共获得285份马铃薯基因型,表7中“TK-”为群体编号、部分基因型实生薯播种后

没有存活,对239份马铃薯基因型的块茎淀粉、还原糖和炸片色泽值进行检测与分析。

2.4 “天薯10号 $\times$ 克新17号”及其杂交后代 F_1 群体的鉴定

2.4.1 淀粉含量

由表7可知,239份马铃薯基因型的淀粉含量在6.88%~30.82%。其中,淀粉含量最低的为基因型TK-132,含量为6.88%,淀粉含量最高的为基因型TK-161,含量达30.82%。在239份马铃薯基因型中,有83份基因型淀粉含量高于18.0%,属于高淀粉马铃薯材料。

2.4.2 还原糖含量

由表8可知,239份马铃薯基因型的还原糖含

表7 马铃薯组合‘天薯10号’×‘克新17号’F₁群体淀粉含量
Table 7 Starch contents in F₁ population of the cross of 'Tianshu 10' × 'Kexin 17'

基因型 Genotype	淀粉(%) Starch	基因型 Genotype	淀粉(%) Starch	基因型 Genotype	淀粉(%) Starch	基因型 Genotype	淀粉(%) Starch	基因型 Genotype	淀粉(%) Starch	基因型 Genotype	淀粉(%) Starch
TK-1	13.22	TK-49	10.32	TK-94	13.18	TK-138	12.02	TK-182	23.74	TK-242	22.07
TK-2	12.44	TK-50	22.68	TK-95	17.19	TK-140	23.15	TK-184	15.06	TK-243	9.27
TK-3	13.18	TK-51	29.26	TK-96	14.32	TK-141	20.55	TK-185	22.14	TK-244	9.01
TK-4	11.80	TK-52	16.84	TK-97	9.79	TK-142	11.55	TK-186	17.14	TK-245	9.45
TK-5	25.62	TK-53	20.63	TK-98	28.11	TK-144	11.82	TK-188	12.86	TK-246	15.90
TK-6	25.43	TK-54	13.23	TK-99	12.42	TK-145	18.86	TK-190	13.27	TK-247	10.68
TK-7	10.20	TK-55	11.81	TK-100	13.63	TK-146	27.26	TK-191	20.54	TK-248	9.45
TK-8	13.37	TK-57	9.50	TK-101	15.43	TK-147	17.95	TK-200	17.27	TK-249	13.69
TK-9	9.82	TK-59	19.50	TK-103	18.91	TK-148	9.53	TK-201	11.07	TK-250	8.53
TK-10	10.09	TK-60	10.06	TK-104	15.57	TK-149	18.37	TK-202	11.08	TK-251	28.75
TK-11	20.23	TK-61	10.38	TK-105	21.32	TK-150	26.43	TK-203	16.38	TK-252	18.39
TK-12	25.52	TK-62	11.54	TK-106	15.38	TK-151	24.06	TK-205	27.31	TK-253	23.26
TK-13	11.46	TK-63	12.27	TK-108	17.36	TK-152	21.91	TK-207	27.70	TK-254	17.57
TK-18	13.05	TK-64	8.95	TK-109	11.53	TK-153	9.30	TK-208	11.60	TK-255	9.67
TK-20	15.39	TK-65	15.37	TK-110	18.36	TK-154	9.71	TK-210	13.93	TK-257	25.13
TK-21	25.94	TK-66	19.60	TK-111	9.57	TK-157	25.60	TK-211	13.23	TK-258	12.52
TK-22	12.19	TK-67	8.91	TK-112	16.00	TK-158	12.26	TK-213	25.31	TK-259	9.64
TK-23	13.01	TK-68	29.55	TK-113	12.18	TK-159	8.67	TK-214	11.36	TK-260	20.31
TK-25	10.46	TK-69	13.53	TK-114	9.76	TK-160	13.53	TK-215	9.83	TK-261	17.65
TK-26	12.19	TK-71	9.93	TK-115	10.92	TK-161	30.82	TK-216	20.01	TK-263	21.26
TK-27	12.03	TK-72	8.55	TK-116	12.37	TK-162	14.90	TK-217	16.83	TK-264	8.87
TK-28	14.10	TK-73	24.46	TK-117	13.76	TK-163	18.49	TK-218	27.42	TK-265	11.79
TK-30	10.78	TK-74	16.95	TK-118	14.14	TK-164	9.27	TK-219	11.00	TK-266	18.57
TK-31	12.55	TK-75	12.23	TK-119	8.35	TK-165	24.05	TK-220	27.33	TK-267	23.93
TK-32	19.56	TK-76	9.42	TK-120	8.90	TK-166	14.49	TK-221	28.52	TK-268	23.93
TK-33	26.60	TK-77	15.69	TK-121	10.85	TK-167	17.79	TK-222	17.11	TK-269	27.76
TK-34	11.28	TK-78	15.54	TK-122	13.87	TK-168	9.25	TK-223	9.44	TK-270	26.73
TK-35	8.61	TK-79	20.66	TK-123	10.67	TK-169	13.34	TK-224	25.12	TK-271	26.49
TK-36	11.37	TK-80	8.63	TK-124	19.48	TK-170	20.36	TK-227	10.13	TK-272	12.89
TK-37	25.86	TK-81	13.76	TK-125	12.92	TK-171	17.01	TK-228	24.14	TK-275	16.14
TK-39	11.80	TK-82	14.70	TK-127	20.50	TK-172	9.94	TK-229	17.65	TK-276	19.82
TK-40	21.16	TK-83	19.58	TK-128	19.63	TK-173	10.18	TK-230	23.40	TK-277	14.99
TK-41	18.21	TK-84	26.36	TK-129	15.28	TK-174	10.46	TK-231	23.14	TK-278	23.19
TK-42	8.59	TK-86	11.49	TK-130	14.70	TK-175	26.49	TK-233	26.90	TK-279	25.87
TK-43	18.32	TK-87	8.92	TK-131	9.80	TK-176	13.45	TK-234	25.36	TK-280	27.07
TK-44	10.92	TK-88	24.83	TK-132	6.88	TK-177	9.34	TK-235	12.46	TK-281	27.17
TK-45	20.93	TK-89	24.66	TK-133	8.49	TK-178	12.76	TK-236	10.11	TK-283	14.23
TK-46	8.43	TK-90	15.83	TK-135	9.20	TK-179	9.16	TK-237	26.62	TK-284	13.29
TK-47	22.05	TK-92	12.45	TK-136	11.02	TK-180	22.70	TK-238	17.59	TK-285	17.00
TK-48	24.64	TK-93	8.80	TK-137	7.59	TK-181	14.20	TK-240	29.41		

量在 0.07%~0.58%。其中, 还原糖含量最低的为基因型 TK-157, 含量为 0.07%, 还原糖含量最高

的为基因型 TK-207, 含量达 0.58%。239 份马铃薯基因型中, 有 56 份基因型还原糖含量低于 0.20%,

表8 马铃薯组合‘天薯10号’×‘克新17号’F₁群体还原糖含量Table 8 Reducing sugar content in F₁ population of the cross of 'Tianshu 10' × 'Kexin 17'

基因型	还原糖(%)	基因型	还原糖(%)	基因型	还原糖(%)	基因型	还原糖(%)	基因型	还原糖(%)	基因型	还原糖(%)
Genotype	Reducing sugar	Genotype	Reducing sugar	Genotype	Reducing sugar	Genotype	Reducing sugar	Genotype	Reducing sugar	Genotype	Reducing sugar
TK-1	0.32	TK-49	0.29	TK-94	0.11	TK-138	0.55	TK-182	0.56	TK-242	0.17
TK-2	0.49	TK-50	0.29	TK-95	0.47	TK-140	0.50	TK-184	0.12	TK-243	0.33
TK-3	0.33	TK-51	0.54	TK-96	0.56	TK-141	0.51	TK-185	0.45	TK-244	0.51
TK-4	0.51	TK-52	0.40	TK-97	0.46	TK-142	0.40	TK-186	0.27	TK-245	0.16
TK-5	0.50	TK-53	0.41	TK-98	0.45	TK-144	0.24	TK-188	0.14	TK-246	0.52
TK-6	0.22	TK-54	0.43	TK-99	0.60	TK-145	0.11	TK-190	0.28	TK-247	0.15
TK-7	0.27	TK-55	0.53	TK-100	0.12	TK-146	0.54	TK-191	0.46	TK-248	0.23
TK-8	0.10	TK-57	0.17	TK-101	0.37	TK-147	0.30	TK-200	0.44	TK-249	0.48
TK-9	0.44	TK-59	0.22	TK-103	0.53	TK-148	0.20	TK-201	0.53	TK-250	0.16
TK-10	0.17	TK-60	0.48	TK-104	0.49	TK-149	0.26	TK-202	0.40	TK-251	0.46
TK-11	0.49	TK-61	0.50	TK-105	0.22	TK-150	0.42	TK-203	0.56	TK-252	0.42
TK-12	0.49	TK-62	0.35	TK-106	0.43	TK-151	0.58	TK-205	0.47	TK-253	0.10
TK-13	0.32	TK-63	0.25	TK-108	0.37	TK-152	0.55	TK-207	0.58	TK-254	0.27
TK-18	0.51	TK-64	0.10	TK-109	0.45	TK-153	0.12	TK-208	0.18	TK-255	0.10
TK-20	0.17	TK-65	0.53	TK-110	0.41	TK-154	0.11	TK-210	0.37	TK-257	0.60
TK-21	0.50	TK-66	0.33	TK-111	0.19	TK-157	0.07	TK-211	0.18	TK-258	0.38
TK-22	0.30	TK-67	0.33	TK-112	0.16	TK-158	0.25	TK-213	0.17	TK-259	0.22
TK-23	0.32	TK-68	0.43	TK-113	0.50	TK-159	0.22	TK-214	0.10	TK-260	0.44
TK-25	0.35	TK-69	0.52	TK-114	0.54	TK-160	0.33	TK-215	0.41	TK-261	0.56
TK-26	0.19	TK-71	0.45	TK-115	0.11	TK-161	0.49	TK-216	0.17	TK-263	0.54
TK-27	0.11	TK-72	0.24	TK-116	0.36	TK-162	0.54	TK-217	0.50	TK-264	0.26
TK-28	0.35	TK-73	0.56	TK-117	0.50	TK-163	0.43	TK-218	0.53	TK-265	0.33
TK-30	0.40	TK-74	0.51	TK-118	0.55	TK-164	0.12	TK-219	0.49	TK-266	0.55
TK-31	0.51	TK-75	0.09	TK-119	0.10	TK-165	0.55	TK-220	0.51	TK-267	0.55
TK-32	0.25	TK-76	0.08	TK-120	0.13	TK-166	0.31	TK-221	0.55	TK-268	0.48
TK-33	0.33	TK-77	0.30	TK-121	0.55	TK-167	0.14	TK-222	0.10	TK-269	0.58
TK-34	0.41	TK-78	0.15	TK-122	0.19	TK-168	0.25	TK-223	0.31	TK-270	0.55
TK-35	0.09	TK-79	0.18	TK-123	0.46	TK-169	0.45	TK-224	0.45	TK-271	0.28
TK-36	0.19	TK-80	0.10	TK-124	0.22	TK-170	0.36	TK-227	0.29	TK-272	0.38
TK-37	0.12	TK-81	0.52	TK-125	0.44	TK-171	0.15	TK-228	0.54	TK-275	0.52
TK-39	0.55	TK-82	0.16	TK-127	0.56	TK-172	0.09	TK-229	0.22	TK-276	0.49
TK-40	0.12	TK-83	0.37	TK-128	0.52	TK-173	0.12	TK-230	0.50	TK-277	0.55
TK-41	0.28	TK-84	0.50	TK-129	0.34	TK-174	0.35	TK-231	0.55	TK-278	0.53
TK-42	0.49	TK-86	0.44	TK-130	0.44	TK-175	0.12	TK-233	0.58	TK-279	0.53
TK-43	0.17	TK-87	0.11	TK-131	0.37	TK-176	0.36	TK-234	0.57	TK-280	0.56
TK-44	0.19	TK-88	0.28	TK-132	0.17	TK-177	0.10	TK-235	0.25	TK-281	0.55
TK-45	0.37	TK-89	0.42	TK-133	0.35	TK-178	0.56	TK-236	0.11	TK-283	0.40
TK-46	0.21	TK-90	0.32	TK-135	0.29	TK-179	0.24	TK-237	0.33	TK-284	0.22
TK-47	0.36	TK-92	0.50	TK-136	0.08	TK-180	0.25	TK-238	0.48	TK-285	0.38
TK-48	0.34	TK-93	0.24	TK-137	0.51	TK-181	0.22	TK-240	0.41		

可用于低还原糖马铃薯品种选育的亲本资源。

2.4.3 炸片色泽值

两亲本和部分基因型炸片色泽见图2和图3, ‘天薯10号’与‘克新17号’的炸片色泽值分别为

3.6和3.1, 部分基因型TK-11、TK-119、TK-147、TK-132、TK-167、TK-190、TK-245、TK-26、TK-35、TK-36、TK-53、TK-45、TK-59、TK-75和TK-95炸片色泽值分别为: 3.5、

0.7、3.3、2.8、1.3、3.3、1.4、1.9、1.5、2.1、3.4、3.5、2.7、1.5和4.2(表9~10)。239份马铃薯基因型中,有85份基因型炸片色泽值低于‘克新17号’的炸片色泽值(<3.1)。

239份马铃薯基因型的炸片色泽值为0.7~4.9,差异较大,其中,炸片色泽值最低的为基因型TK-119、TK-120、TK-177、TK-184,色泽值均为0.7,炸片色泽值最高的为基因型TK-182、TK-207和TK-218,色泽值均为4.9(表10)。有85份基因型炸片色泽值低于3.0,可用于炸片加工型马铃薯品种选育的亲本资源,有130份基因型炸



图2 ‘天薯10号’和‘克新17号’炸片色泽
Figure 2 Colors of fried chips of 'Tianshu 10' and 'Kexin 17'

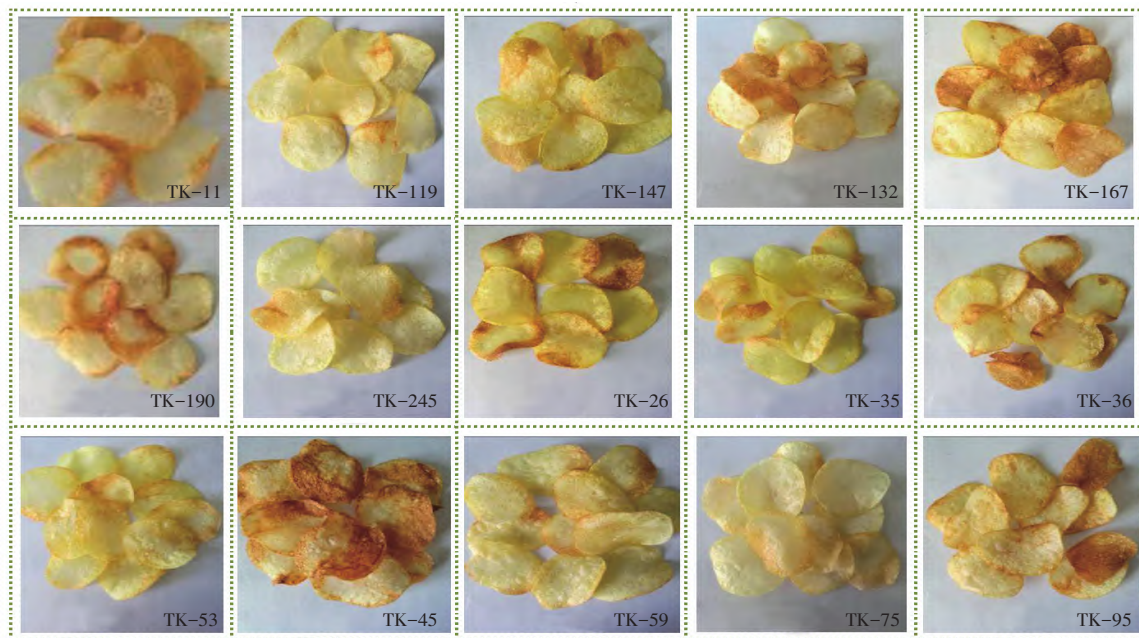


图3 马铃薯组合‘天薯10号’×‘克新17号’部分群体炸片色泽
Figure 3 Fried chip colors of genotypes in partial population of 'Tianshu 10' × 'Kexin 17'

表9 两亲本‘天薯10号’与‘克新17号’的炸片色泽值

Table 9 Fried chip color values of the parents of 'Tianshu 10' and 'Kexin 17'

亲本名称	炸片色泽值
Parental name	Fried chip color value
天薯10号 Tianshu 10	3.6
克新17号 Kexin 17	3.1

片色泽值在3.1~4.5,24份基因型炸片色泽值大于4.5,不适于炸片加工(表11)。

3 讨 论

在加工型马铃薯新品种的传统选育中,育种亲本的选择十分关键,一般选择综合农艺性状优良,且满足加工品质要求的育成品种;或者是经过多年评价筛选后,且证明能产生优良加工品质性状的后代材料。同时要求亲本之间性状互补,且具有较多的有利性状;或者亲本之间亲缘关系远,且基因型差异大、配合力强,通过群体改良

表 10 马铃薯组合‘天薯 10 号’×‘克新 17 号’F₁群体的炸片色泽值Table 10 Fried chip color values of genotypes in F₁ population of 'Tianshu 10' × 'Kexin 17'

基因型 Genotype	炸片色泽值 Fried chip color value	基因型 Genotype	炸片色泽值 Fried chip color value	基因型 Genotype	炸片色泽值 Fried chip color value	基因型 Genotype	炸片色泽值 Fried chip color value	基因型 Genotype	炸片色泽值 Fried chip color value	基因型 Genotype	炸片色泽值 Fried chip color value
TK-1	3.1	TK-49	2.7	TK-94	1.2	TK-138	4.7	TK-182	4.9	TK-242	2.6
TK-2	3.7	TK-50	2.7	TK-95	4.2	TK-140	3.6	TK-184	0.7	TK-243	3.0
TK-3	3.1	TK-51	3.6	TK-96	4.7	TK-141	3.8	TK-185	3.3	TK-244	3.4
TK-4	4.7	TK-52	3.4	TK-97	3.7	TK-142	3.3	TK-186	3.3	TK-245	1.4
TK-5	3.7	TK-53	3.4	TK-98	3.7	TK-144	3.1	TK-188	0.9	TK-246	4.3
TK-6	2.1	TK-54	3.4	TK-99	4.4	TK-145	0.9	TK-190	3.3	TK-247	1.6
TK-7	2.8	TK-55	4.2	TK-100	1.5	TK-146	3.8	TK-191	3.9	TK-248	2.2
TK-8	1.5	TK-57	1.7	TK-101	3.5	TK-147	3.3	TK-200	3.9	TK-249	4.3
TK-9	3.4	TK-59	2.1	TK-103	4.6	TK-148	2.7	TK-201	3.9	TK-250	1.7
TK-10	1.5	TK-60	3.8	TK-104	3.7	TK-149	2.8	TK-202	3.4	TK-251	3.8
TK-11	3.5	TK-61	4.3	TK-105	2.7	TK-150	3.4	TK-203	4.8	TK-252	3.7
TK-12	3.7	TK-62	3.4	TK-106	3.5	TK-151	4.8	TK-205	3.9	TK-253	1.2
TK-13	3.3	TK-63	3.1	TK-108	3.4	TK-152	3.9	TK-207	4.9	TK-254	2.8
TK-18	4.3	TK-64	1.2	TK-109	3.4	TK-153	2.4	TK-208	2.4	TK-255	2.3
TK-20	2.0	TK-65	4.2	TK-110	3.4	TK-154	2.3	TK-210	3.3	TK-257	4.7
TK-21	3.8	TK-66	3.3	TK-111	2.7	TK-157	0.8	TK-211	2.5	TK-258	3.1
TK-22	3.0	TK-67	3.3	TK-112	2.3	TK-158	2.4	TK-213	2.0	TK-259	2.5
TK-23	3.1	TK-68	3.4	TK-113	4.2	TK-159	2.3	TK-214	1.1	TK-260	3.3
TK-25	3.2	TK-69	4.4	TK-114	3.7	TK-160	3.3	TK-215	3.4	TK-261	4.6
TK-26	1.9	TK-71	3.7	TK-115	1.2	TK-161	3.9	TK-216	2.7	TK-263	4.2
TK-27	1.6	TK-72	2.0	TK-116	3.3	TK-162	3.8	TK-217	4.5	TK-264	2.4
TK-28	3.2	TK-73	4.8	TK-117	4.4	TK-163	3.4	TK-218	4.9	TK-265	3.4
TK-30	3.5	TK-74	4.4	TK-118	4.8	TK-164	1.1	TK-219	4.1	TK-266	4.6
TK-31	4.0	TK-75	1.5	TK-119	0.7	TK-165	3.8	TK-220	3.8	TK-267	4.3
TK-32	2.6	TK-76	1.6	TK-120	0.7	TK-166	3.4	TK-221	4.7	TK-268	3.5
TK-33	3.3	TK-77	1.5	TK-121	4.8	TK-167	1.3	TK-222	1.5	TK-269	4.7
TK-34	3.6	TK-78	2.7	TK-122	2.4	TK-168	2.7	TK-223	3.2	TK-270	4.2
TK-35	1.5	TK-79	2.0	TK-123	4.3	TK-169	3.9	TK-224	4.2	TK-271	3.1
TK-36	2.1	TK-80	1.6	TK-124	2.3	TK-170	3.4	TK-227	3.2	TK-272	3.1
TK-37	1.6	TK-81	4.2	TK-125	3.9	TK-171	2.0	TK-228	4.3	TK-275	4.6
TK-39	3.6	TK-82	2.7	TK-127	4.4	TK-172	1.1	TK-229	2.7	TK-276	4.0
TK-40	1.5	TK-83	3.3	TK-128	3.8	TK-173	1.2	TK-230	4.7	TK-277	4.2
TK-41	2.8	TK-84	4.2	TK-129	3.4	TK-174	3.4	TK-231	4.7	TK-278	4.0
TK-42	3.7	TK-86	3.7	TK-130	3.8	TK-175	1.0	TK-233	4.0	TK-279	4.6
TK-43	1.8	TK-87	1.5	TK-131	3.8	TK-176	3.6	TK-234	4.2	TK-280	4.7
TK-44	2.4	TK-88	3.3	TK-132	2.8	TK-177	0.7	TK-235	3.1	TK-281	4.7
TK-45	3.5	TK-89	3.3	TK-133	3.5	TK-178	4.3	TK-236	1.0	TK-283	3.3
TK-46	1.9	TK-90	3.3	TK-135	3.1	TK-179	3.0	TK-237	3.1	TK-284	2.6
TK-47	3.6	TK-92	4.3	TK-136	0.8	TK-180	3.0	TK-238	3.8	TK-285	3.3
TK-48	3.3	TK-93	2.6	TK-137	4.8	TK-181	2.5	TK-240	3.4		

表 11 马铃薯组合‘天薯 10 号’×‘克新 17 号’F₁群体炸片色泽值分布Table 11 Distribution of fried chip color values of genotypes in F₁ population of 'Tianshu 10' × 'Kexin 17'

炸片色泽值 Fried chip color value	加工 Processing	基因型数量(No.) Number of genotype
≤3.0	适于炸片加工 Suitable for chip processing	85
3.1~4.5	中等 Medium	130
> 4.5	不适于炸片加工 Not suitable for chip processing	24

技术可使群体内目标性状平均水平得到有效改良^[24]。中国在选育加工型马铃薯新品种的研究中取得了一定的成果,如本研究在亲本选配中选用的天水市农业科学研究所育成的马铃薯品种‘天薯10号’,是以‘庄薯3号’为母本、‘郑薯1号’为父本杂交选育而成的高淀粉马铃薯新品种,块茎扁圆形、薯皮黄色、薯肉黄色、芽眼浅,单株块茎数4.9个,平均单薯重132 g,大中薯率89.8%,干物质含量25.34%,淀粉含量19.44%,维生素C含量16.42 mg/100 g,甘肃天水、临夏、定西、平凉等地均可种植^[25];黑龙江省农业科学院克山分院选育的‘克新17号’,该品种属于炸条加工型中晚熟品种,薯形为长椭圆形、芽眼少,商品薯率85%以上,还原糖含量0.2%左右,干物质含量23%左右,耐贮性强^[26]。甘肃省农业科学院选育的马铃薯品种‘陇薯7号’,是以‘庄薯3号’为母本、‘菲多利’为父本杂交选育而成,块茎长椭圆形,黄皮黄肉,芽眼较浅,商品薯率80%,干物质含量25.2%,淀粉含量18.75%,还原糖含量0.18%^[27],2009年经第二届国家农作物品种审定委员会审定通过。利用上述品种作为亲本,筛选出后代F₁单株表现优异的淀粉加工型组合“天薯10号×克新17号”。

品质性状是马铃薯特征特性中重要的经济性状,品质的优劣往往决定着马铃薯加工用途和市场潜力。2015年马铃薯主粮化战略提出以来,对马铃薯种质资源鉴定、品种筛选及品质评价的研究日益增多,但多为单一的分析研究,未能综合分析评价马铃薯品种(系)的品质及其加工用途。同时,大量关于马铃薯块茎品质分析的研究^[28-34]表明,还原糖含量影响马铃薯炸片色泽,还原糖含量和油炸产品的色泽具有高度相关性,但科研人员为全面分析研究的需要,往往同时测定这两个指标。而对于大量的育种中间材料或后代材料而言,同时测定还原糖含量和油炸色泽值,不仅工作强度增加,同时受早期育种鉴定后代材料较少的影响,具体试验操作也难以进行。因此,对于进行还原糖测定和油炸色泽值评价,育种者往往难以抉择。本研究利用“天薯10号×克新17号”的杂交组合,最终稳定保存该组合的239份马

铃薯基因型,可满足油炸加工品质的分析研究需要,并初步筛选出还原糖含量低于0.20%的56份基因型,炸片色泽值低于4.5的有215份基因型,便于后续研究利用。梁德霖等^[35]认为,马铃薯淀粉含量是育种的一个重要经济指标。同时马铃薯淀粉也是评价绝大多数马铃薯品质性状的重要基础,与其他粮食作物相比,马铃薯淀粉具有优良的特性。因此,本研究从98份育种材料中,筛选出高淀粉材料20份,从组合“天薯10号×克新17号”的F₁后代材料中,筛选出淀粉含量高于18.0%的基因型83份。这些也表明选育高淀粉品种必须考虑选择淀粉含量较高、具有优良性状的普通栽培种作亲本,尤其是高淀粉含量的育种中间材料也可以参与杂交组合配制,后代材料中才有可能出现高淀粉的品种(系)。从上述筛选出的品种或后代材料来看,这些优异的基因型可作为高淀粉和低还原糖马铃薯品种选育的亲本材料加以利用。

[参 考 文 献]

- [1] Suttle J. Symposium introduction: enhancing the nutritional value of potato tubers [J]. *American Journal of Potato Research*, 2008, 85(4): 266.
- [2] 徐娟娟. 马铃薯-粮食安全战略中的重要角色 [J]. *农业工程技术*, 2008(10): 37-40.
- [3] Haase N U. The canon of potato science: 50 the nutritional value of potatoes [J]. *Potato Research*, 2008, 50(3): 415-417.
- [4] Love S L, Pavak J J. Positioning the potato as a primary food source of vitamin C [J]. *American Journal of Potato Research*, 2008, 85(4): 277-285.
- [5] 谢从华. 马铃薯产业的现状与发展 [J]. *华中农业大学学报: 社会科学版*, 2012(1): 1-4.
- [6] 王瑜, 王澎, 李国龙, 等. 土豆变主粮品种须先行国家马铃薯产业技术体系首席专家金黎平为您解答——不是所有马铃薯都能加工全粉 [J]. *农村经济与科技*, 2015(1): 43-44.
- [7] 张小燕. 马铃薯多组分近红外预测及加工油炸薯片适宜性研究 [D]. 北京: 中国农业机械化科学研究院, 2013.
- [8] 孔凡真. 马铃薯淀粉及变性淀粉的开发 [J]. *西部粮油科技*, 2000, 25(1): 39-41.

- [9] 宁宇虹. 酶催化变性马铃薯淀粉在断奶仔猪日粮中的应用[J]. 江西饲料, 2000(4): 5-11.
- [10] 邹新禧. 超强吸水剂[M]. 2版. 北京: 化学工业出版社, 2001.
- [11] 童群义, 朱桂兰. 用变性淀粉等添加剂改进淀粉膜强度的研究[J]. 食品科技, 2004(1): 53-56.
- [12] 马晓东, 钟浩. 马铃薯淀粉的研究及在工业中的应用[J]. 农产品加工(学刊), 2008(2): 59-61.
- [13] 罗其友, 刘洋, 高明杰, 等. 中国马铃薯产业现状与前景[J]. 农业展望, 2015, 11(3): 35-40.
- [14] Bradshaw J E, Mackay G R. Breeding strategies for clonally propagated potatoes [M]. Wallingford: Cab International, 1994.
- [15] Xiong L, Schumaker K S, Zhu J. Cell signaling during cold, drought, and salt stress [J]. The Plant Cell Online, 2002, 14: 165-183.
- [16] Dale M F B, Bradshaw J E. Progress in improving processing attributes in potato [J]. Trends in Plant Science, 2003, 8(7): 310-312.
- [17] Pandey S, Marwaha R, Manivel P, *et al.* Evaluation of potato germplasm for cold chipping ability and cold sweetening [J]. Potato Journal, 2005, 32: 121-122.
- [18] Hassanpanah D, Hassanabadi H, Chakherchaman S H A. Evaluation of cooking quality characteristics of advanced clones and potato cultivars [J]. American Journal of Food Technology, 2007, 6(1): 72-79.
- [19] Ohara-Takada A, Matsuura-Endo C, Chuda Y, *et al.* Change in content of sugars and free amino acids in potato tubers under short-term storage at low temperature and the effect on acrylamide level after frying [J]. Bioscience Biotechnology and Biochemistry, 2005, 69(7): 1232-1238.
- [20] Nourian F, Ramaswamy H S, Kushalappa A C. Kinetic changes in cooking quality of potatoes stored at different temperatures [J]. Journal of Food Engineering, 2003, 60(3): 257-266.
- [21] 王鹏, 李芳弟, 郭天顺, 等. 马铃薯种质资源遗传关系分析及指纹图谱构建[J]. 农业生物技术学报, 2020, 28(5): 794-810.
- [22] 于鲁浩, 马耀宏, 杨俊慧, 等. 马铃薯块茎中淀粉含量的快速测定方法[J]. 食品科技, 2012, 37(3): 279-283.
- [23] 朱海霞, 石瑛, 张庆娜, 等. 3,5-二硝基水杨酸(DNS)比色法测定马铃薯还原糖含量的研究[J]. 中国马铃薯, 2005, 19(5): 266-269.
- [24] Slater A T, Cogan N O I, Hayes B J, *et al.* Improving breeding efficiency in potato using molecular and quantitative genetics [J]. Theoretical and Applied Genetics, 2014, 127(11): 2279-2292.
- [25] 吕汰, 郭天顺, 何二良, 等. 高淀粉马铃薯新品种天薯10号的选育[J]. 中国蔬菜, 2010(12): 85-87.
- [26] 盛万民, 曹淑敏, 李成军, 等. 炸条专用马铃薯品种一克新17号[J]. 中国马铃薯, 2006, 20(3): 191.
- [27] 文国宏, 王一航, 李高峰, 等. 马铃薯新品种陇薯7号的选育[J]. 中国蔬菜, 2008(4): 35-37.
- [28] 魏明, 刘卫民. 影响马铃薯炸片品质的因素[J]. 云南农业科技, 2001(4): 11-12.
- [29] Hawkins W W, Chipman M E G, Leonard V G. After-cooking darkening in oil-blanching French-fried potatoes [J]. American Potato Journal, 1959, 36(7): 255-261.
- [30] Lorberth R, Ritte G, Willmitzer L, *et al.* Inhibition of a starch-granule-bound protein leads to modified starch and repression of cold sweetening [J]. Nature Biotech, 1998(16): 473-477.
- [31] 孙丽平, 庄永亮, 张莉, 等. 酶解小麦蛋白产物—还原糖美拉德反应的光谱研究[J]. 分析化学研究简报, 2009, 37(9): 1359-1362.
- [32] Khanbari O S, Thompson A K. Effects of amino acids and glucose on the fry color of potato crisps [J]. Potato Research, 1993, 36(4): 359-364.
- [33] Marquez G. Influence of reducing sugars and amino acids in the color development of fried potatoes [J]. Journal of Food Science, 1986, 5(1): 157-160.
- [34] 王春英, 陈伊里, 石瑛. 影响马铃薯油炸品质的研究进展[J]. 中国马铃薯, 2003, 17(4): 232-235.
- [35] 梁德霖, 刘淑华, 姚裕琪, 等. 马铃薯高淀粉品种的选育[J]. 华北农学报, 1995, 10(2): 30-33.