

中图分类号: S532 文献标识码: A 文章编号: 1672-3635(2006)02-073-05

马铃薯新型栽培种后代低还原糖材料的筛选与评价

张庆娜¹, 张立波², 石 瑛¹, 朱海霞¹, 张铁强¹, 陈伊里^{1*}

(1. 东北农业大学农学院, 黑龙江 哈尔滨 150030; 2. 北京大兴旧宫中学, 北京 100076)

摘 要:以新型栽培种 6 个杂交组合后代的 156 份无性系为供试材料, 利用尿糖试纸法进行低还原糖材料的初筛选后, 再对低还原糖材料进行低温贮藏和回暖后还原糖、干物质含量的精确测定。试验结果表明: 利用尿糖试纸法筛选出 19 份显色为 1 级的材料, 采用 3,5-二硝基水杨酸比色法精确测定, 还原糖含量小于 0.4% 的有 16 份, 证明应用此法进行马铃薯块茎还原糖含量的初筛选是有效的。低温贮藏和回暖试验结果显示, 无性系 1、2、4 和 7 为耐低温糖化类型, 无性系 3、5、6、8、9、12、13 和 15 属于回暖反应明显的类型, 无性系 10、11、14 和 16 属于低温糖化明显的类型。

关键词:马铃薯; 还原糖; 干物质; 尿糖试纸; 回暖

我国的马铃薯种质资源较少, 遗传基础比较狭窄, 这种状况严重限制了马铃薯育种和生产的发展^[1]。为了育成有较大突破的新品种, 必须解决马铃薯育种中存在的资源贫乏, 遗传基础狭窄问题。早期国内育成的大多数马铃薯品种都来自普通栽培种 (*Solanum tuberosum* L.) 的血缘, 只以普通马铃薯为材料的育种方案很难进一步提高马铃薯的产量和品质。新型栽培种 (Neo-*tuberosum*) 的引入, 为我国马铃薯育种提供了一个新的基因库。新型栽培种中蕴含着低还原糖、高淀粉含量、抗病性等许多优良的性状, 是拓宽现有遗传资源背景和选育低还原糖含量品种的重要种质资源^[2]。

能在育种的早期世代准确有效地进行低还原糖材料的筛选是加快油炸加工型种质资源创新和育种进程的有效方法。本试验选用 6 个组合的新型栽培种后代材料, 进行了还原糖含量的测定, 对筛选出的还原糖较低 (还原糖含量 < 0.4%) 的材料又进行了低温下贮藏及回暖后还原糖及干物质含量的分析, 对这些材料的还原糖含量在低温贮藏及回暖条件下的表现进行了综合评价, 为今后创造加工专用型种

质资源和选育加工专用品种提供理论和实践依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

供试材料为具有新型栽培种血缘的 6 个杂交组合的 156 份无性系, 来自 2004 年东北农业大学马铃薯研究室无性一代选种圃 (表 1)。4 月 26 日播种, 9 月 13 日收获。

表 1 试验材料

组合代号	组合名称	无性系份数
N03-3	N ₅ 78-11-1 × 59-5-86	26
N03-4	T962-25 × N ₅ 80407	23
N03-6	N ₅ 86320122 × 388192-12	38
N03-8	N ₅ 78-11-1 × 391788-5	28
N03-9	N ₅ 78-11-1 × 391794-3	21
N03-13	783-1 × N ₅ 51-5	20

1.2 贮藏条件、取样时间和取样方法

1.2.1 贮藏条件

所有材料收获后进行预贮, 于 10 月 30 日开始。在温度为 3~5℃ 的条件下进行低温贮藏。

1.2.2 取样时间

材料入窖前开始第一次取样。在窖温达 4℃ 时进行第二次取样及第一次回暖试验。第二次取样后

收稿日期: 2005-12-20

基金项目: 国家 863 计划项目 (2004AA241133) 资助

作者简介: 张庆娜 (1979-), 女, 硕士研究生, 主要从事马铃薯遗传育种研究。

* 通讯作者: E-mail: potato@mail.neau.edu.cn

间隔 15 d 再进行第三次取样和第二次回暖试验, 共取样 3 次。

1.2.3 取样方法

每个品种每次取大小适中的块茎 4 个, 取回后其中 2 个立即进行样品处理及干物质测定, 剩余部分在室温 18~22℃ 下回暖 15 d, 与下一次取样的样品同时测定^[3]。

1.3 测定方法

1.3.1 还原糖的初筛选

采用尿糖试纸法, 试验用尿糖试纸为桂林中辉生物技术有限公司生产。将新鲜的块茎切开, 然后将试纸条上的试纸部分浸湿, 0.5~1.0 min 将试纸转变的颜色与瓶子上的比色表进行比较。比色卡分为 6 级, 颜色从浅到深分别为: 1、2、3、4、5、6 级, 表示还原糖含量从少到多。

1.3.2 室内品质分析

干物质含量: 采用烘干前后称重法^[4]。

还原糖含量: 采用 3, 5-二硝基水杨酸比色法^[4]。

2 结果与分析

2.1 马铃薯低还原糖材料的筛选

收获后一周内, 利用尿糖试纸对供试的 156 份材料进行还原糖含量的初筛选, 以马铃薯品种东农 303 作为对照。试验结果显示, 包括东农 303 在内的 20 份材料试纸显色为 1 级, 74 份材料为 2 级, 42 份材料为 3 级, 21 份材料为 4 级以上 (图 1)。

为了验证试纸显色的可靠程度, 我们对试纸显色表现为 1 级的 19 份材料 (表 2) 及对照品种东农 303 采用 3, 5-二硝基水杨酸比色法进行了还原糖

含量的测定。测定结果 (表 3) 表明, 其中的 16 份材料及对照品种的还原糖含量均小于 0.4%, 只有 3 份材料还原糖含量的测定值大于 0.4%。这与利用尿糖试纸对马铃薯块茎还原糖含量初筛选的结果基本一致。由此可见, 利用尿糖试纸对马铃薯块茎进行还原糖初筛选的方法是有效的。

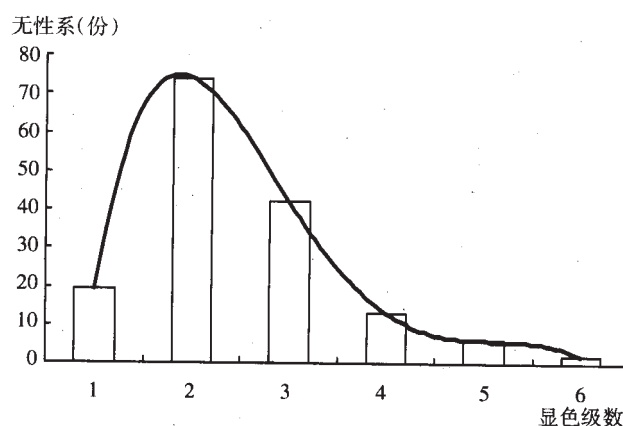


图 1 尿糖试纸测定马铃薯还原糖含量

表 2 尿糖试纸显色为 1 级的材料

组合代号	组合名称	无性系份数	无性系编号
N03-3	N ₅ 78-11-1 × 59-5-86	26	12、18
N03-4	T962-25 × N ₈ 80407	23	2、3、17
N03-6	N ₈ 6320122 × 388192-12	38	6、7、8
N03-8	N ₅ 78-11-1 × 391788-5	28	1、5、13、14、15、16
N03-9	N ₅ 78-11-1 × 391794-3	21	9、10、11
N03-13	783-1 × N ₅ 51-5	20	4、19

表 3 用比色法测定的块茎还原糖含量 (%)

无性系代号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
还原糖值	0.27	0.26	0.36	0.37	0.22	0.29	0.34	0.36	0.40	0.34
无性系代号	11	12	13	14	15	16	17	18	19	东农 303
还原糖值	0.39	0.31	0.28	0.36	0.32	0.36	0.61	0.53	0.63	0.27

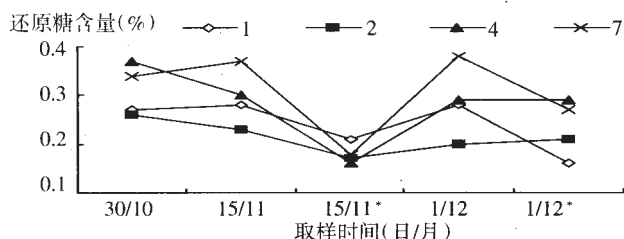
2.2 低温贮藏和回暖后还原糖含量的变化

为了考察筛选出的 16 份材料在低温贮藏和回暖后的还原糖含量变化情况, 我们在窖温达到 4℃ 时开始取样, 对低温贮藏和回暖后的还原糖含量进行了进一步测定。根据试验结果, 我们把供试的 16 份材料按贮藏和回暖后还原糖含量的变化程度

分为 4 种类型:

第一种类型材料在贮藏期间还原糖含量始终低于 0.4% (图 2)。无性系 1、2、4 和 7 属于这种类型材料, 这 4 份材料的共同特点是经过较长时间的低温贮藏后, 还原糖含量仍保持在较低的水平上, 表现出耐低温糖化的特性, 具有这种特性的品种可

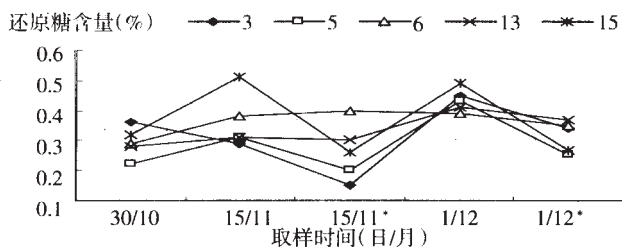
以较长期的低温贮藏, 以延长加工时间。



注: * 表示室温下回暖后测定。

图2 无性系1、2、4和7还原糖含量的变化

第二种类型材料在贮藏期间还原糖含量有较小幅度的增加, 经过回暖后还原糖含量能低于0.4% (图3)。无性系3、5、6、13和15属于这种类型材料, 这5份材料经过较长时间的低温贮藏后还原糖增加的幅度较小, 其中无性系15的增幅最大, 还原糖含量达0.51%, 回暖后降至0.27%, 能符合加工的要求, 表明这类材料低温糖化的程度较小, 回暖反应明显, 也是一类有较好利用价值的材料。



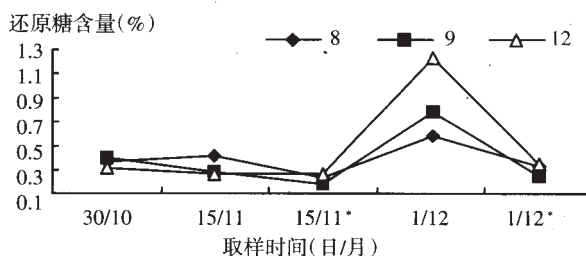
注: * 表示室温下回暖后测定。

图3 无性系3、5、6、13和15还原糖含量的变化

第三种类型材料在经过较长时间的贮藏后还原糖含量有大幅度的增加, 但经过回暖后其还原糖含量仍能迅速降至符合标准 (图4)。无性系8、9和12属于这种类型材料, 这3份材料经过长时间的贮藏后还原糖含量迅速增加, 其中无性系12的增幅最大, 还原糖含量达1.23%; 无性系8的增幅最小, 还原糖含量达0.59%。经过回暖后, 无性系12的还原糖含量降至0.35%, 无性系8的还原糖含量降至0.34%。表明这类材料经过低温贮藏后还原糖含量增加的幅度较大, 但回暖处理对其有明显的效果。

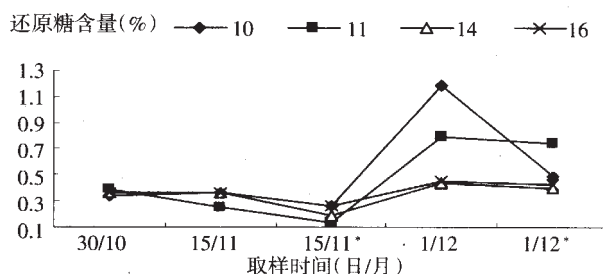
第四种类型材料经过较长时间的贮藏后还原糖有所增加, 经过回暖后其还原糖含量仍高于0.4% (图5)。无性系10、11、14和16属于这种类型材

料, 这4份材料经过长时间的低温贮藏其还原糖含量各有不同程度的升高, 其中无性系10和11升高的幅度较大, 还原糖含量分别为1.19%和0.79%; 无性系14和16升高的幅度较小, 还原糖含量分别为0.44%和0.46%。经过回暖后, 无性系10和11的还原糖含量为0.49%和0.74%, 无性系14和16的还原糖含量为0.4%和0.43%。



注: * 表示室温下回暖后测定。

图4 无性系8、9和12还原糖含量的变化



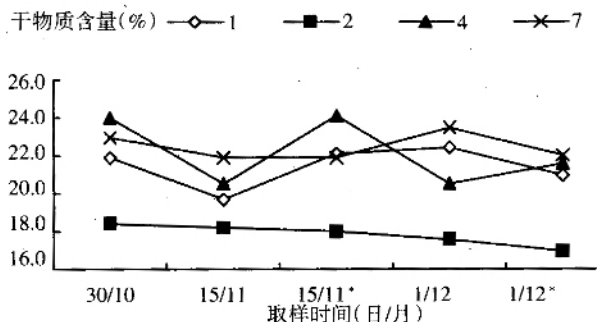
注: * 表示室温下回暖后测定。

图5 无性系10、11、14和16还原糖含量的变化

2.3 低温贮藏和回暖后干物质含量的变化

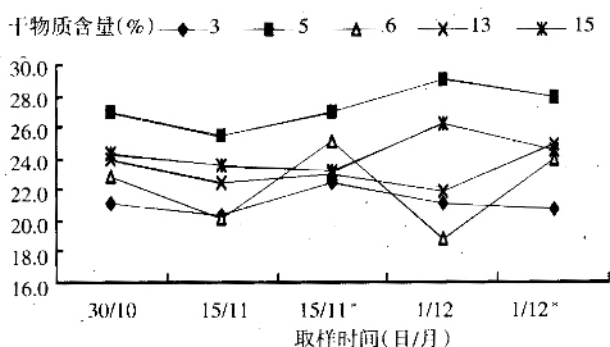
干物质含量是衡量马铃薯品质的一个重要指标。干物质含量高、加工成的薯片和薯条省油、口感好、酥脆、不油腻。如加工淀粉, 能够生产出更多的淀粉。因此, 我们对筛选出的这16份低还原糖材料进行还原糖含量测定的同时, 也进行了低温贮藏和回暖后干物质含量的测定, 依据还原糖变化的4种类型把干物质含量的结果也对应列成图6、7、8和9。从图6可见, 这4份材料中, 无性系2的干物质含量偏低, 10月30日取样测定的结果为18.4%, 其它3份材料的干物质含量均在20%以上。

图7和图8中的8份材料10月30日取样测定的干物质含量均大于21%, 其中无性系6和12在贮藏和回暖后干物质含量的变化幅度较大。图9中的4份材料, 干物质含量均在24%以上, 贮藏和回暖后干物质含量变幅较大。



注: *表示室温下回暖后测定。

图6 无性系1、2、4和7干物质含量的变化



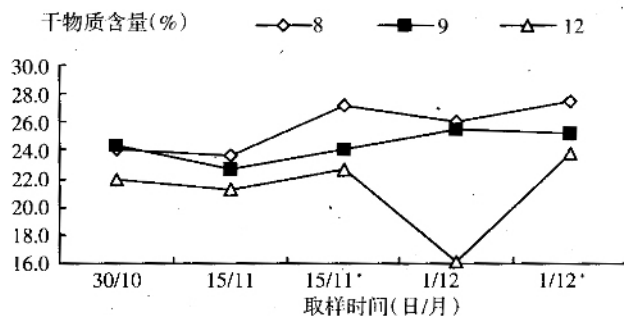
注: *表示室温下回暖后测定。

图7 无性系3、5、6、13和15干物质含量的变化

经过本试验筛选出的16份低还原糖材料, 依据还原糖和干物质含量的结果, 各有不同的特性和利用方向。无性系1、2、4和7均属于耐低温糖化类型的材料, 其中无性系1、4和7的干物质含量大于21%, 是可以直接用于加工利用的材料, 无性系2的干物质含量为18.4%, 但无性系2在贮藏和回暖后还原糖和干物质含量变幅均较小, 是较好的耐低温糖化的材料, 可以作为杂交亲本利用。无性系3、5、6、8、9、12、13和15在贮藏期间还原糖含量有不同程度的增加, 但经过一段时间的回暖后还原糖含量能迅速降低, 属于回暖反应明显的一类材料, 且干物质含量均大于21%, 也是可以直接用于加工利用的材料。无性系10、11、14和16属于低温糖化明显的材料, 且经过回暖处理后还原糖含量仍大于0.4%, 但这4份材料的干物质含量较高, 均在24%以上, 是可以用于淀粉和全粉加工的材料。

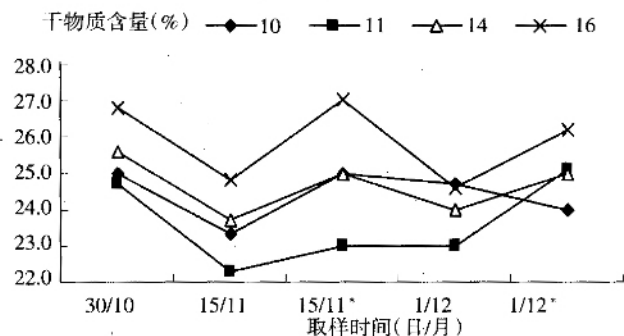
3 讨论

还原糖是炸片、炸条食品加工中产生褐变的主



注: *表示室温下回暖后测定。

图8 无性系8、9和12干物质含量的变化



注: *表示室温下回暖后测定。

图9 无性系10、11、14和16干物质含量的变化

要原因, 因此, 马铃薯块茎的还原糖含量是确定一个品种是否适合加工的重要条件。这类品种的育种目标要求还原糖含量小于0.4%^[5]。低还原糖的品种选育实际上是对块茎还原糖含量的筛选, 利用尿糖试纸对育种材料的还原糖含量进行初步筛选, 在田间收获后即可进行。该方法操作简便、快速、成本低, 适于在育种的早期世代进行大量材料还原糖含量的初步筛选, 再结合实验室的常规方法进行还原糖含量的精确测定, 可以减少工作量, 降低成本, 提高选择效率。本试验供试材料156份, 经过尿糖试纸初步筛选符合条件的材料19份, 对这些材料采用比色法进行还原糖含量的精确测定, 其中的16份材料还原糖含量小于0.4%, 占初选材料的84.2%, 可见利用尿糖试纸对还原糖含量初步筛选是真实有效的。

低温贮藏(3~5℃)可抑制马铃薯块茎发芽, 减少细菌软腐病的发生, 有利于降低贮藏损失, 但在低温贮藏条件下, 马铃薯还原糖含量会升高, 导致加工品质下降, 即发生“低温糖化”现象^[6-8]。这种

现象在马铃薯块茎的贮藏过程中普遍存在, 不同品种的敏感程度不同^[9-10], 有些品种还原糖积累较少, 仍可达到加工品质的要求。可见, 育成在低温贮藏条件下可以直接加工的品种是当前国内外油炸加工型品种选育的重点。在贮藏期间对块茎还原糖的筛选就更为重要。此外加工前进行回暖处理, 可降低还原糖的含量, 即在低温条件下贮藏的马铃薯, 生产前应在 18~20℃ 的室温条件下贮存 15~20 d, 以调节还原糖含量^[11]。本试验对筛选出的 16 份低还原糖材料进行了贮藏及回暖后还原糖含量的测定, 试验表明, 这些材料具有不同的耐低温糖化特性和回暖反应, 尤其是无性系 1、2、4 和 7, 为耐低温糖化类型的资源, 在今后的育种中更好的加以利用; 新型栽培种后代材料中的确可以筛选出我们所需要的低还原糖含量的优良种质资源。

[参 考 文 献]

- [1] 金黎平, 屈冬玉, 纪颖彪. 马铃薯加工型品种的选育技术 [M] // 陈伊里. 中国马铃薯研究进展. 哈尔滨: 哈尔滨工程大学出版社, 1999: 1-6.
- [2] 王凤义. 我国马铃薯新型栽培种资源的研究与利用 [J]. 作物杂志, 1999 (2): 13-16.
- [3] 石瑛, 秦昕, 卢翠华, 等. 不同马铃薯品种贮藏期间还原糖及干物质的变化 [J]. 中国马铃薯, 2002, 16(1): 16-18.
- [4] 门福义, 刘梦云. 马铃薯栽培生理 [M]. 北京: 中国农业出版社, 1995: 314-315.
- [5] 孙慧生. 马铃薯育种学 [M]. 北京: 中国农业出版社, 2003.
- [6] Chism G W, Haard N F. Influence of temperature on kinetic properties of phosphorylase from two varieties of potato tuber [J]. J Food Sci, 1975, 40: 94.
- [7] Eileen P O, Donoghue Rickey Y Yada, Alejandro G Marangoni. Low temperature sweetening in potato tubers: the role of the amyloplast membrane [J]. Plant Physiol, 1995, 145(3): 335-341.
- [8] Morrell S Ta Rees. Sugar metabolism in developing tubers of *Solanum tuberosum* L. [J]. Phytochemistry, 1986, 25: 1579-1585.
- [9] Lauer F, Shaw R. A possible genetic source for chipping potatoes from 40 F storage [J]. Am Potato J, 1970, 47: 275.
- [10] Coffin R H, Yada R Y, Parkin K L, et al. Effect of low temperature storage on sugar concentrations and chip color of certain processing potato cultivars and selection [J]. J Food Sci, 1987, 52: 639.
- [11] 屈冬玉, 纪颖彪, 杨宏福, 等. 筛选适应于低温贮藏的马铃薯加工品种 [J]. 马铃薯杂志, 1996, 10(1): 13-16.

Evaluation and Selection of Low Reducing Sugar Clones in the Progenies of Neo-*tuberosum*

Zhang Qingna¹, Zhang Libo², Shi Ying¹, Zhu Haixia¹, Zhang Tieqiang¹, Chen Yili¹

(1. Northeast Agricultural University, Harbin, Heilongjiang 150030, China; 2. Jigong Middle School of Daxing District, Beijing 100076, China)

Abstract: In this research, 156 clones from 6 crosses with Neo-*tuberosum* in their background were screened for low tuber reducing sugar content using uric sugar test paper. The clones selected were re-tested for low reducing sugar content by the colorimetry method (3,5-dinitrosalicylic acid). Then, the clones were monitored for the reducing sugar and dry matter contents of tubers after low temperature storage and reconditioning. Out of 19 clones selected by uric sugar test paper, 16 clones were lower in reducing sugar content than 0.4% when tested by the colorimetry method, suggesting that uric sugar test paper can be effective for screening preliminarily for low reducing sugar in a segregating population. The 16 clones were grouped into 3 types according to their response to low temperature storage and reconditioning: the clones 1, 2, 4 and 7, resistance to cold-induced sweetening; clones 3, 5, 6, 8, 9, 12, 13, and 15, susceptible to cold-induced sweetening, but responding well to reconditioning; and the clones 10, 11, 14, and 16, susceptible to cold-inducing sweetening and not responding well to reconditioning.

Key Words: potato; reducing sugar; dry matter; uric sugar test paper; reconditioning