

# 马铃薯近缘栽培种种间杂种块茎还原糖和干物质含量的遗传研究

严凤喜 李景华

(东北农学院哈尔滨)

## 摘 要

本试验采用6个母本与5个父本,按照不完全双列杂交设计配制30个杂交组合,并产生无性一代。无性一代块茎还原糖和干物质含量的研究结果如下:(1)两性状的狭义遗传力分别为31%和18%;(2)通过选择淀粉、产量来间接选择干物质含量具有较大可能性;(3)从T×N类型的杂交组合中选育低还原糖及高干物质含量的品种不会很困难;(4)T3024和N2176对于选育低还原糖及高干物质含量有较好的一般配合力。

## 前 言

为了克服*S. tuberosum*种内品种间杂交代遗传基础的狭窄性,近年来各国相继开展了马铃薯野生种和近缘栽培种种质资源利用的研究,这对于丰富马铃薯栽培种的遗传资源及新品种选育无疑很有意义。此外,随着马铃薯食品加工业的兴起,国内外研究者先后从事过马铃薯栽培种块茎还原糖和干物质含量的研究,这是因为这两个性状与马铃薯食品加工作品质密切相关,现有文献<sup>[1]</sup>表明,马铃薯块茎还原糖超过块茎鲜重的0.4%,足以导致油煎(炸)制品在加工中变褐色,影响加工品的风味。高干物质含量可保证加工品质优良和提高加工经济效益。本试验旨

在探讨马铃薯近缘栽培种有关品质性状的遗传规律,为在生产上利用近缘栽培种进一步提供依据。

## 材 料 和 方 法

按Griffing (1956)不完全双列杂交设计<sup>[2]</sup>,母本有N2012、N2050、N2176、东农303、T3024、T8073,父本有06、M6、H、T79—16、N79—12—1,1985年夏配制30个杂交组合(见表1),1985年冬温室种植实生苗,1986年种植无性一代,采用随机区组排列,3次重复,每小区定植40株,株行距25×75cm,正常田间管理,单株收获,考察下列性状:

1. 总产量:各小区全部单株块茎的总

表 1. 亲本及其产生的杂交组合

♀	♂		二倍体杂种 (D)			普通栽培种 (T)	新型栽培种 (N)
			M6	06	H	T79-16	N79-12-1
新型栽培种 (N)		N2012	1	7	13	19	25
		N2050	2	8	14	20	26
		N2176	3	9	15	21	27
普通栽培种 (T)		东农303	4	10	16	22	28
		T8024	5	11	17	23	29
		T8673	6	12	18	24	30

\* 格中数字为杂交组合代号

重量 (kg/plot)。

2. 淀粉含量: 采用水中比重法(%)。

3. 成熟度: 分为5级, 种植115天后, 视植株地上部分枯黄程度, 目测调查, 依1至5级, 成熟愈晚。

4. 干物质含量: 采用烘干前后称重法(%)。

5. 还原糖含量: 块茎在105°C下固定30分钟, 置于80°C下烘干至恒重, 粉碎成干粉(过100目筛), 采用 somgy 铜比色法<sup>[2]</sup>测定。测定值取3个平行样的平均值 (mg/100g鲜重)。

方差分析和配合力分析采用最小二乘法及PQ法, 在APPLE II 微机上计算。遗传力分析采用广义法和杂交群体方差分析法<sup>[3]</sup>。杂交后代的聚类分析采用 Scott-Knott 聚类法<sup>[3]</sup>。典型相关分析按马逢时等的文献<sup>[4]</sup>处理。

## 结果与分析

### 一、两性状亲子代的相关性

为了探讨亲代对子代的影响, 对双亲均值与 F<sub>1</sub> 群体均值进行相关统计分析, 结果

见表 2。

表 2. 亲子代的相关分析

相关关系	相 关 系 数 (r)	
	还原糖含量	干物质含量
P·F <sub>1</sub> 总	0.549 (V=9)	0.692* (V=9)
P <sub>M</sub> ·F <sub>1</sub>	0.488** (V=28)	0.546** (V=28)
P <sub>大</sub> ·F <sub>1</sub>	0.427** (V=28)	0.579** (V=28)
P <sub>小</sub> ·F <sub>1</sub>	0.392** (V=28)	0.124 (V=28)

P: 单个亲本值; P<sub>M</sub>: 双亲均值; P<sub>大</sub>: 大值亲本; P<sub>小</sub>: 小值亲本; F<sub>1</sub>: 各组合均值; F<sub>1</sub>总: 某亲本参与的全部组合均值;

r<sub>0.05, 9</sub> = 0.602

r<sub>0.01, 9</sub> = 0.735

r<sub>0.05, 28</sub> = 0.361

r<sub>0.01, 28</sub> = 0.456

从表 2 可以看到, F<sub>1</sub> 块茎还原糖含量、干物质含量与亲本存在着极显著或显著的正相关。就还原糖含量而言, F<sub>1</sub> 与双亲均值相关系数为 0.488, 达极显著水准, F<sub>1</sub> 与大值亲本、小值亲本的相关系数分别是 0.427 和 0.392, 均为显著水平, 这说明双亲对 F<sub>1</sub> 均有明显影响, 选配亲本时, 应尽可能使双亲还原糖含量都较低。至于干物质含量, F<sub>1</sub> 与大值亲本的相关系数是 0.579, 达极显著水平, 而与小值亲本相关不大, 在选配亲本

时, 至少应使一亲本干物质含量较高, 才可望获得高干物质率的杂交后代, 这已为育种实践所证实。

### 二、遗传力估算

国内外大量研究表明, *S. tuberosum* × Neo-Tuberosum 及其反交在产量等性状上明显地优于其他类型的杂交组合<sup>[5]</sup>, 今后马铃薯杂交育种的最有希望的杂交组合类型可能是 T × N。鉴于此, 本文考察了 T × N 和 N × T 6 个组合 120 个无性一代单株块茎还原糖、干物质含量的遗传变异, 进而估算了其广义遗传力, 其过程是将广义法推广到多亲本, 表现型方差 ( $V_p$ ) 由多个亲本杂交组合的  $F_1$  观察值得得, 环境方差 ( $V_e$ ) 由亲本的变异求得, 还原糖的广义遗传力为 75%, 干物质含量的广义遗传力为 72%。由

于不考虑组合之间的差异, 变异会更广泛, 由此估算的结果可能偏高, 但其好处明显有二: 其一, 估算结果将更具一般性, 不会因组合、材料不同而差异过大; 其二, 能用于多亲本广义遗传力的大致估算。本文的结果可视为 T × N 群体的广义遗传力。

全部试材遗传力的估算, 采用方差分析法, 由表 3 提供的数据, 可得还原糖的  $h_B^2$  是 74%,  $h_N^2$  是 31, 干物质的  $h_B^2$  和  $h_N^2$  分别是 56% 和 48%, 这一结果可视为马铃薯近缘栽培种该两性状和广义、狭义遗传力。本文的结果介于 O'keefe<sup>[7]</sup> 和王凤义的结果之间, 除了试材不同的原因外, 我们认为采用方差分析法远非白璧无瑕, 可用亲子回归法来加以改进。

### 三、配合力分析

表 3. 两性状组合间方差分析\*

source	DF	SS	V	MIF	MHF
P <sub>1</sub>	4	126581.693	31645.423	17.179**	2.948*
		(36.834)	(9.208)	(4.358**)	(2.772*)
P <sub>2</sub>	5	131580.717	26316.143	14.286**	2.452*
		(166.814)	(33.363)	(15.789**)	(10.043**)
F <sub>1</sub> × P <sub>2</sub>	20	214691.043	10734.552	5.827**	5.827**
		(66.433)	(3.322)	(1.572)	(1.572)
error	58	106842.885	1842.119		
		(122.559)	(2.113)		

$F_{0.05}(4, 58) = 2.53$

$F_{0.05}(5, 58) = 2.37$

$F_{0.05}(20, 58) = 1.76$

$F_{0.01}(4, 58) = 3.36$

$F_{0.01}(5, 58) = 3.45$

$F_{0.01}(20, 58) = 3.35$

注\*: 格中上方为还原糖, 下方括号内为干物质, 表 4 同。

由表 3 可知, 对于模型 I, P<sub>1</sub> (5 个父本)、P<sub>2</sub> (6 个母本) 的一般配合力效应对于还原糖和干物质含量均达到极显著水平, P<sub>12</sub> (父、母本互作) 的特殊配合力效应对还原糖达极显著水准, 干物质含量不显著。这说明, 两性状的遗传主要是加性效应, 亦有非加性效应, 就还原糖而言, 这点尤为突出。

由此还可看到, 子代的性状表现, 深受亲本影响; 而同一亲本在不同杂交组合中表现不同, 这两方面恰恰反应了亲本的一般配合力和组合间的特殊配合力。

表 8 表明, 亲本一般配合力相对效应值的差异很大, 还原糖的变异范围为 -43.935~36.116, 而干物质为 -10.347~

表 4. 两性状的一般配合力相对效应和特殊配合力相对效应

	N2012	N2050	N2176	东农303	T8024	T8073	GCA
M6	80.408 (-3.072)	9.857 (8.543)	-36.885 (5.12)	- .658 (2.094)	-3.405 (0.993)	-45.817 (-3.349)	-13.629 (4.698)
05	-49.926 (0.825)	0.567 (-6.205)	35.082 (4.279)	-4.891 (6.144)	28.729 (5.196)	-10.562 (-1.601)	-37.763 (1.559)
H	-56.034 (5.334)	-25.454 (-1.238)	35.386 (-0.688)	28.458 (-4.784)	28.036 (2.675)	-10.392 (-1.299)	-1.797 (-0.199)
T79-16	-25.075 (-2.257)	-11.246 (0.341)	6.361 (4.254)	-0.322 (1.075)	-0.812 (-6.75)	31.595 (3.337)	17.073 (-2.695)
N79-12-1	50.628 (-0.83)	26.777 (-1.442)	-40.944 (5.833)	-19.588 (-4.529)	-52.549 (-2.114)	35.676 (3.082)	38.116 (-2.357)
GCA	31.532 (3.836)	16.256 (-2.43)	-15.414 (4.536)	-10.22 (-10.347)	-43.935 (-3.897)	21.781 (8.462)	

8.484, 后者的变异程度远低于前者, 与王凤义(1986)的结果<sup>[6]</sup>颇相吻合, 这在一定程度上说明, 供试材料中选择还原糖的潜力远大于选择干物质。一般配合力由亲本材料的加性基因所决定, 能稳定遗传, 依此作为选择标准, 能克服亲本选配的盲目性。还原糖是朝负向选择, 较好的亲本有 T8024、05、N2176 和东农 303, 干物质则是朝正向选择, 较好的亲本是 T8073、N2176 和 M6。特殊配合力由非加性基因所控制, 由于其不能稳定遗传, 在育种上不宜作为亲本选配的参数。但马铃薯的特殊配合力一经形成, 可通过无性繁殖来固定, 故特殊配合力在马铃薯育种中也具有一定的利用价值。本试验中,

N2176 × N79-12-1 和 N2012 × H 对于选育高干物质率低还原糖量的新类型可能具有意义。不用忌言, 有些亲本并不理想, 而产生的特殊配合力却较好, 如 T8024 × N79-12-1 的还原糖就较低。这仅用亲本间特殊的组配效应来解释难以令人信服, 难于控制的试验误差恐怕是造成此现象的重要原因, 由此, 数量遗传学在实际中碰到的困难也可窥见一斑。

#### 四、Scott-Knott 聚类分析

为了进一步比较组合间的差异, 本文进行了 Scott-Knott 聚类分类, 以探明不同类型的杂交组合是否存在差异。各组合块茎还原糖含量平均值的聚类结果为:

- (1)、(24)、(25)、(26)、(30) I
- $\lambda = 69.39^{**}$
- (2)、(15)、(16)、(19)、(20) II
- $\lambda = 155.60^{**}$
- (4)、(8)、(9)、(12)、(13)、(14)、(17)、(18)、(21)、(22)、(23)、(27)、(28) III
- $\lambda = 10.64$
- (3)、(5)、(6)、(7)、(10)、(11)、(29) IV

Scott-Knott 聚类结果至少有两方面的意义, 它揭示 3 I (5个组合)、II (5个组合)、III (13个组合)、IV (7个组合) 之间差异, 当  $\lambda$  达显著或极显著程度时, 各组合的差异是明显的, 若  $\lambda$  不显著, 可认为组间无实质性差异。本试验中, I、II 与 III、IV 的差异显著, 而 III 和 IV 无实质性差异, 这两组的20个组合的块茎还原糖均可视为较低;

这些还原糖较低的组合, 包含有  $N \times D$ 、 $T \times D$ 、 $T \times N$ 、 $T \times T$ 、 $N \times N$  五种类型, 换言之, 这五种类型的杂交组合均可产生块茎还原糖含量较低的后代, 由此有理由推论: 同其他类型组合一样, 从  $T \times N$  中选育低还原糖的新类型不会十分困难。

采用同样方法, 可得干物质含量的 Scott-Knott 聚类结果:

- (1)、(2); (3)、(5)、(6)、(7)、(9)、(11)、(12) I
- (13)、(15)、(18)、(21)、(24)、(25)、(30)
- $\lambda = 57.51^{**}$
- (4)、(8)、(10)、(14)、(17)、(19)、(20)、(26)、(27) II
- $\lambda = 17.39$
- (16)、(22)、(23)、(28)、(29) III

供试材料中, 块茎干物质含量较高的类型是为 I (共 16 个组合), 这些组合分别来自  $N \times D$ 、 $T \times D$ 、 $T \times N$ 、 $T \times T$  和  $N \times N$ , 总之, 不同类型杂交组合两性状的优劣难以确定。在利用  $T \times N$  类型的杂交组合时, 块茎还原糖和干物质含量这两性状不会成为其利用的限制因素。

遗传研究表明, 由于大量存在的一因多效和基因的连锁现象, 作物各性状之间存在着不同程度的相关关系, 在育种中, 对一个性状的选择, 势必影响到其他性状。因此, 正确了解性状间的相关性对于育种实践具有一定指导意义。本试验对块茎干物质含量等五个性状作了相关分析, 结果见表 5。

五、性状之间的相关性及相关分析

表 5 表明, 块茎干物质含量与淀粉含量

表 5. 5 个性状相关分析

性 状	还原糖	淀 粉	产 量	成熟度
干 物 质	0.0229	0.6347**	-0.4005*	0.4717**
还 原 糖		-0.1306	0.0846	-0.0369
淀 粉			-0.4709**	0.04031*
产 量				0.0735

$$r_{0.05,28} = 0.361$$

$$r_{0.01,28} = 0.456$$

呈极显著正相关, 干物质含量与产量呈显著负相关, 这与已有试验相符<sup>81</sup>, 块茎还原糖含量与淀粉、干物质的相关不显著, 这说明通过简单选择, 获得高于干物质、低还原糖的新品种并不十分困难。

为了进一步探讨块茎还原糖、干物质与

淀粉、产量的关系, 本试验对这两组性状进行了典型相关分析, 旨在讨论通过对淀粉、产量的选择而间接选择干物质和还原糖的可能性, 因为在目前的育种实践中人们关注的是前两者而不是干物质和还原糖。

原始数据标准化后, 可建立相关矩阵:

$$R = \begin{pmatrix} 1 & 0.0728 & 0.8148 & -0.3086 \\ 0.0728 & 1 & -0.1254 & 0.0807 \\ 0.8148 & -0.1254 & 1 & -0.4685 \\ -0.3086 & 0.0807 & -0.4685 & 1 \end{pmatrix}$$

由于

$$R_{12}R_{22}^{-1}R_{21} = \begin{pmatrix} 0.6707 & -0.0995 \\ -0.0995 & 0.0168 \end{pmatrix}$$

故特征方程

$$|R_{12}R_{22}^{-1}R_{21} - \lambda_1 R_{11}| = 0 \text{ 之根为}$$

$\lambda_1^2 = 0.7036$ ,  $\lambda_2^2 = 0.00196$ , 因而  $\lambda_1 = 0.8389$ ,  $\lambda_2 = 0.0443$  为所求的第一典型相关系数和第二典型相关系数。对于  $\lambda_1 = 0.8389$ ,

$$\text{第一典型变量为} \begin{cases} y_1 = x_1 - 0.2193x_2 \\ z_1 = 1.0519x_3 + 0.1029x_4 \end{cases}$$

典型相关系数显著性测定表明,  $\lambda_1$  为极显著 ( $\lambda_2$  不显著, 不予考虑)。典型相关分析结果表明, 通过对前一组变量的选择来间接选择第二组变量具有很大可能性, 特别是通过对产量、淀粉的选择来间接选择干物质。似乎很有可能。

## 问题及讨论

### 一、马铃薯品种的品质性状特性

研究表明, 马铃薯品质性状的基因作用方式多以加性效应为主, 这是品质性状遗传稳定性的一方面。但另一方面, 马铃薯品种的品质性状还受非加性效应影响, 因而遗传具有不稳定性, 且因环境的变化波动很大, 此外, 性状的表现还会因生育期不同而异。在贮藏期间, 块茎干物质含量、淀粉含量和维生素C的含量有不同程度地减少, 而块茎还原糖则呈积累趋势<sup>19</sup>。这样何时测定马铃薯块茎还原糖才能反映该品种的固有特性不能不是一个问题。同一时间的测定能反映不

品种(系)的差异,而生理成熟时块茎还原糖的测定值可视为该品种(系)的特征值。块茎还原糖的贮藏特性因品种不同而异。在马铃薯食品加工中,除了要考察品种块茎还原糖的特征值外,还应着重考察其耐贮性,选用块茎还原糖低且耐贮的品种作加工材料无疑具有经济意义。

## 二、还原糖及褐变反应

早在1916年, L. C. Maillard 就注意到了食物烹调时出现的褐变现象,这是因为在食品加工中,氨基酸的氨基和糖类的羰基起始的反应中生成的化学物质包括挥发性的醇、醚、醛、酯、醚、含硫含氮的杂环化合物和非挥发性的阿美多化合物以及复杂的色素多聚体。

已有大量的间接证据表明某些食品的独特风味是由于制作过程中,糖类和氨基酸作用生成的阿美多化合物及其降解产物。

在食品加工中,还原糖与初级、次级脂肪胺或氨基酸、维生素C相互作用,能产生

非酶促的褐变反应,所以,还原糖是食品加工中产生褐变的最重要原因,但不是唯一原因,因为游离氨基酸的种类及含量、维生素C的含量也是影响褐变反应的因素<sup>[10][11]</sup>。

## 结 论

一、马铃薯块茎还原糖和干物质含量在品种(系)间存在差异。利用现有材料选育高干物质、低还原糖的品种具有一定潜力。从T×N类型的杂交组合中选育该两性状符合要求、综合性状好的新品种是可能的。

二、块茎还原糖和干物质含量的狭义遗传力分别是31%和48%。

三、选择高干物质与选择低还原糖的矛盾不大;通过对淀粉、产量的选择而间接选择干物质具有较大可能性。

四、本试验中, T8024 和 N2176 是选育低还原糖和高干物质品种的较好亲本材料。

(上接 256 页)

**栽培要点:** 该品种极早熟, 田间管理需早而及时; 植株较矮, 株型紧凑, 可适当密植, 每亩可种植 6000 株左右 (单作); 也是较理想的间、套作品种; 收获前 10 天左右, 应停止浇水, 防止田间烂薯。

**分布范围:** 目前主要分布在河南省, 多用作粮棉区间作、套作及菜区早熟的品种。

## 围丰 11 号

**品种来源:** 河北省固安县农科所 1976 年用品种间有性杂交育成。原株系号 77-4-8。该品种 1983~1985 年参加国家级华北片区域

试验, 3 年平均亩产 2008 公斤, 比虎头增产 11.6%。1983~1985 年种植 32 亩, 3 年平均亩产 2111 公斤, 比克新 1 号增产 22.4%。一般亩产 1500 公斤左右。

**特征特性:** 株型直立, 分枝少, 株高 50~60 厘米。茎、叶绿色, 花冠紫红色, 天然结实性强。结薯集中, 块茎长圆形。大、中薯率 80% 以上。薯皮、薯肉白色, 表皮光滑。芽眼红色, 深浅中等。生育期 120 天左右。抗晚疫病, 退化较短, 环腐病较轻。品种较好, 淀粉含量 15% 左右。

**栽培要点:** 因植株较矮, 分枝又少, 一般每亩可种植 3500 株左右。

**分布范围:** 目前主要分布在河北省。

## 参 考 文 献

- [1] P. M. 哈里斯主编 蒋先明等译, 马铃薯改良的科学基础, 1984, 农业出版社
- [2] 北京大学生物化学教研室, 生物化学实验指导, 1979, 人民教育出版社
- [3] 裴新澍, 数理遗传与育种, 1987, 上海科学技术出版社
- [4] 马逢时, 应用概率统计 (下册), 1984, 高等工程院校研究生讲义
- [5] 冉毅东, 马铃薯近缘栽培种间杂种育种价值的估计, 1987, 东北农学院硕士研究生学位论文
- [6] 王凤义, 马铃薯栽培种块茎还原糖及干物质含量的遗传力和配合力的研究, 1986, 东北农学院硕士研究生学位论文
- [7] Okeefe, R. B.: Heritability and repeatability for quality factors in potatoes, 1974, Amer. Potato J. 51(9)
- [8] S. A. Anikina et al.: Study of some foreign varieties of potato in the Zapolyre, 1980, PBA 50(10)
- [9] French, W. M.: Varietal factors influencing the quality of potatoes, J. of the Sci. Food and Agr. 1981, 32(1)
- [10] Coffin, R. H. et al.: Effect of low temperature, storage on sugar concentration and chip color of certain processing potato cultivars and selections, J. Food Sci., 1987, 52(3)

# A STUDY ON THE INHERITANCE OF THE TUBER INDUCING SUGAR AND DRY MATTER CONTENT IN POTATO HYBRIDS DERIVED FROM INTERCULTIVATED SPECIES

Yan Fengxi Li Jinghua

(Northeast Agricultural College, Harbin)

## ABSTRACT

The tuber reducing sugar (RS) and dry matter content (DM) in potato hybrids derived from intercultivated species were studied by means of incomplete diallel cross (6 females  $\times$  5 males). The results were as follows:

The difference of RS and DM was not significant among TT, TN, TD and NN, however, there was significantly difference within the same type of cross. The estimation of narrow sense heritability of RS and DM was 0.31 and 0.48 respectively. The analysis of canonical correlation revealed that the indirect selection of DM by selecting tuber yield and starch content may be effective. There was no close correlation between RS and DM, suggesting that new cultivars with low RS and high DM can be obtained by selection. The combining ability analysis indicated that both additive and not-additive gene action were important for the two characters. In this experiment, the clones T8024 and N2176 were useful for the selection of low RS and high DM; the crosses of T8024  $\times$  N79-12-1 and T8073  $\times$  N79-12-1 had significant special combining ability for low RS and high DM respectively.