

· 讲 座 ·

马铃薯育种

第七讲 马铃薯高淀粉育种

唐 洪 明

(内蒙古农科院马铃薯小作物研究所)

第一节 我国马铃薯淀粉

生产和加工概况

近一二十年来, 欧美各国大力发展马铃薯加工业, 尤其是美国在食品方面的加工, 70年代已占马铃薯总产量的一半以上。我国马铃薯的加工和综合利用, 随着乡镇企业的发展, 农村经济向商品经济转化, 已开始引起人们的重视, 有的马铃薯生产区正在发展各项马铃薯的加工事业, 可以预料, 不久的将来我国马铃薯作为加工原料生产, 必将有一个较大的发展。

马铃薯的干物质(约为块茎重量的25%)中, 淀粉为其主要成分, 约为70~80%。

马铃薯淀粉通过无机酸或生物酶制剂进行水解, 可得到高纯度的葡萄糖; 若将液体葡萄糖用异构酶进行异构化反应, 能将其一部分葡萄糖转化为果糖, 组成果糖和葡萄糖的混合物即为果葡糖浆。。葡萄糖可用于医药和食品加工, 果葡糖浆可代替蔗糖用于食品工业。目前, 葡萄糖各地已有生产, 但

供不应求; 果葡糖浆目前仅有安徽省和陕西省少数厂家开始投产, 远远满足不了我国食品工业的需要。

马铃薯淀粉还可通过化学反应, 改变其分子中某些葡萄糖单体的化学结构, 产生一种新型变性淀粉, 称为淀粉衍生物。这种淀粉衍生物品种繁多, 可广泛用于食品、医药、造纸、纺织、化工、冶金、建筑、三废治理以及农林业等各个方面, 国外这项研究发展很快, 我国已开始研究。此外, 马铃薯淀粉还可加工粉丝, 作为填充料和制作精淀粉等等, 用途相当广泛。

马铃薯还可作为饲料, 苏联用于饲料为总产量的20~45%, 西欧各国为25~46%, 而个别年份甚至达到55%。我国用于饲料不多, 约为15%。马铃薯作为饲料, 在大多数情况下由于淀粉含量低, 一个饲料单位的价格是较高的, 因其要消耗较多的块茎。如果提高块茎中的淀粉含量即可大大降低其饲料单位的价格。与马铃薯块茎一般淀粉含量(15%左右)比较, 如将其淀粉含量提高到20.3%, 一个饲料单位即可节约19.0%的块茎, 而淀粉含量提高到25~27%, 则可节约31~35%的块茎。因此, 将马铃薯作为饲料, 提高块茎的淀粉含量则可大幅度地降低畜产品的成本。

因此, 马铃薯作为加工原料和饲料生产, 都要求马铃薯块茎的干物质或淀粉含量高, 也就是要求提高马铃薯单位面积淀粉产量, 使其利用率提高, 以降低生产成本。我国当前生产上推广的马铃薯品种, 大多淀粉含量不高, 不能满足加工工业等多方面的

(上接103页)

玉米等主要粮食作物, 而且质量高。从开发蛋白质资源, 提高蛋白质利用率的角度看, 这是一种大有发展前途的作物。马铃薯生产

的好坏, 直接关系到人们的温饱, 影响地区的经济发展。各级领导应将马铃薯的发展列入议事日程, 象抓水稻、玉米、小麦一样排上位置, 不能松劲。

要求。例如国内育成品种、地方品种和国外引进推广品种,其淀粉平均含量分别为15.05%、14.07%和13.54%;国内育成的推广品种淀粉含量稍高,大多在12.1~18.0%之间,占统计品种总数的78.58%;地方品种和国外引进推广品种淀粉含量均较低,大多在10.1~16.0%之间,分别占统计品种数的81.71%和88.91%(见表1)。此外,新育成的优良品系和国外引进的原始材料平均淀粉含量也不高,分别为14.57%和13.63%。国外马铃薯高淀粉育种的研究开

展较早,已取得较大成绩。据有关资料报道,70年代苏联已育成淀粉含量高达28%的新品种,60年代日本育成农林17号,其淀粉含量高达26%;又据Schick报道,70年代世界上已育成了淀粉含量高达33.2%的品种。因此,我国马铃薯高淀粉育种科研面临的任务是艰巨的,应大力引进和培育高淀粉的原始材料,以提高育种水平,在近期内育出淀粉含量高达20%以上的抗病丰产品种,以满足加工等方面的需要。

表 1. 我国马铃薯品种的淀粉含量的统计分析

品 种	分 级 %								平均%	统计品种数
	8 以下	8.1—10	10.1—12	12.1—14	14.1—16	16.1—18	18.1—20	20以上		
国内育成推广品种	0	2.67	9.34	22.67	30.67	25.34	9.34	0	15.05	75
地 方 品 种	0	3.66	13.42	45.12	23.17	12.19	2.43	0	14.17	82
国外引进推广品种	0	3.70	22.23	44.45	22.23	7.40	0	0	13.54	27
优 良 品 系	0	1.05	14.74	31.15	34.74	8.42	8.42	1.05	14.57	95
国外引进原始材料	0.04	6.93	23.26	34.69	19.59	12.24	1.22	1.63	13.63	245

注: 以上统计数据系根据《全国马铃薯品种资源编目》(1983)资料整理。

第二节 马铃薯淀粉性状的遗传

И. М. Яшина (1982) 根据她多年对马铃薯淀粉性状的遗传研究结果认为,马铃薯的淀粉含量是由一系列显性累加基因所控制,这些基因是按同源四倍体特有的四体遗传规律进行的。育成品种及其淀粉含量的差异是由两个独立的位点所支配,基因在位点上处于不同的状态,但对同源四倍体来说是特有的,在后代中是随机组合的。两个位点在同质情况下,由8个显性等位基因所决定的淀粉含量表现最高,大多数育出的高淀粉含量的品种含有6个显性等位基因,淀粉含量低的品种仅有4个。在有利的环境条件下,每个显性等位基因能提高淀粉含量

3~4%,当支配性状表现的位点数量少时,后代中同源四体遗传决定着性状的广泛变异系列。

体现具有8个显性等位基因的性状是:迅速形成并能持续工作的叶子;能相对较早地形成块茎;相对较早地成熟。这些性状都是由多基因的独立系统所控制的,为了将这些性状组合在一个品种中,必须有较大的群体以供选择。群体的规模大小取决于亲本类型的淀粉含量指标,在利用含有淀粉含量6个显性等位基因时,理论上预期,按每个位点出现纯合性基因频率总计为群体的1/36。所以,为了有效地选择含有符合最有利的品种模式类型时,在每个种群中必须不少于3500~4000株实生苗,才能分离出100株该性状最高指标的杂种。然而,在这100

株实生苗中,还要根据模式的其它参数进行选择。

П. И. Альсмик (1979) 试验,高淀粉×高淀粉(淀粉含量均在22%以上),能分离出超过淀粉含量26%的实生苗为23.6~53%;高淀粉(22%以上)×中淀粉(20~22%),超过淀粉含量26%的实生苗为4.5~15.6%;高淀粉(22%以上)×低淀粉(14~18%),仅有少数实生苗超过淀粉含量26%,其份数仅为1.6~1.8%。由此可见,由于连续累加方式进行杂交,即可获得一些淀粉含量相当高的杂种和品系。

提高马铃薯干物质含量或淀粉含量育种有如下一些特点:

1. 在块茎中的高淀粉含量与晚熟性呈显著正相关,早熟和中早熟品种中没有淀粉含量特别高的类型,但如亲本选用适当也有可能育出早熟和中早熟淀粉含量较高品种。

2. 所有高淀粉含量的品种和类型的块茎大小都为中等或小薯,小块茎对收获和种植都很不利,但可用高淀粉的亲本与大块茎的亲本杂交,有可能培育出既淀粉含量高且块茎也大的品种。

3. 在高淀粉含量的品种中会经常出现块茎弹性高的类型,这有利于机械化栽培。

4. 在选择适合亲本的原始类型时,除了注重提高淀粉含量外,也应当提高蛋白质和抗病性。

5. 在多数情况下,淀粉含量与产量呈负相关,但这不是普遍规律,可通过选择良好组合效能的高淀粉含量的亲本,有可能选育出既淀粉含量高又高产的品种。

6. 亲本淀粉含量和后代淀粉含量之间呈高度正相关($r=0.85\sim0.95$),不利年份其相关性稍有下降。

第三节 选育和测定方法

我国育成马铃薯品种(或品系)和国外

引进的原始材料,有一些淀粉含量超过18%的品种,可作为淀粉含量育种的亲本材料,这些品种有乌盟684、乌盟606、乌盟616、高原4号、高原6号、高原7号、晋薯2号(即同薯8号)、晋薯5号、藏薯1号、白麻洋芋、骆驼洋芋、贵州红、紫杆洋芋、渭淦5号、克6717-36、湘acl. × tub、蒙伊7426-8、蒙伊7616-4、蒙伊7616-5、哥尔摩(Colmo)、得尔它(Delta)、狄涅拉(Dianella)、北斗星(Fortuna)、潘特龙斯(Patrones)、波斯马(Posma)、特鲁(Tytua)、维什特(Vester)、西格湖杰(Сигхуде)、劳动(трудоу)、抗疫8670(фитобороуc тойчнвой 8670)等。

近年来,我国有的育种单位和高等院校,从*S. tuberosum*栽培品种的自交系和*Neo-Tuberosum*的材料中,透育出一批淀粉含量超过20%的材料,可作为高淀粉育种的杂交亲本。例如,内蒙古呼盟农科所从1982年开始,利用自交系和新型栽培种中的高淀粉材料作为亲本,已选育出淀粉含量超过20%的品系20份。又如,马铃薯育种国家攻关课题组,于“六·五”期间将培育高淀粉含量和抗病品种定为主攻目标,1985年已筛选出高淀粉(17~22%)的种质资源材料80多份。

苏联白俄罗斯果树、蔬菜和马铃薯研究所,在马铃薯高淀粉育种研究工作上最有成效,该所培育的高淀粉品种有:洛什茨基(Лошицкий),由Олев×Кореневский杂交育成,淀粉含量为19~22%;拉兹瓦里斯特(Разваристый),由Олев×Октябренок杂交育成,淀粉含量为18~22%,并具有大粒淀粉的特点;白俄罗斯淀粉(Бело-Русский Кахмалистый),为两个均含有*S. demissum*血缘的杂种杂交育成,淀粉含量为22~25%;维尔巴(Верба)淀

粉含量为24~29%。特别值得提出的是, 苏联很多高淀粉品种大多含有 *S. demissum* 血缘的品种奥列夫 (Олев) 参与下培育成的。日本从西德引进“高淀粉” (Hochprozentige) 品种, 该品种虽然块茎小产量低, 没有实用价值, 可是它的淀粉含量高达25% (出粉率)。日本北海道农事试验场利用该品种作为杂交亲本, 于1969年育成农林17号和农林18号, 特别是农林17号淀粉含量较农林1号高9%; 农林18号较农林1号、红丸早熟1周左右。利用“高淀粉”品种作为亲本, 在其后代中易出现淀粉含量高的杂种, 如在吉林林德 (Gerlinde) × “高淀粉” 的后代中, 有20%的杂种淀粉含量高于22%; 在复合杂交组合 (阿普它 × “高淀粉”) × (燕子 × “高淀粉”) 的后代中产生25%的杂种淀粉含量超过20%。

С. М. Букасов 和 А. Я. Камераз (1973) 认为, 根据自交后代的习性, 事先测定出淀粉含量最高的品种, 将这些品种引入杂交中极为有用, 而且考虑亲本的组合后能选拔出较好的成员。自交后代中的一些世代应适当选择淀粉含量最高的类型, 力求达到在提高淀粉含量方面有较大的一致性。

过去曾经认为, 马铃薯在高淀粉、极晚熟、小块茎三者之间, 在遗传上是紧密连锁在一起的。很难育成高淀粉、大块茎且成熟期适当的品种。可是, 自开展种间杂交以来, 这些问题已逐渐得到解决, 育成这样的品种已不是困难的事了。

П. И. Альсмик (1966) 指出, 在育种的第二阶段利用 *S. demissum*, 这个种参与杂交易分离出淀粉含量高的杂种。他建议在育种的第一阶段通过品种之间累加杂交的方法 (多次利用淀粉含量高的亲本), 以获得高淀粉的 *S. tuberosum* 杂种 (20~30%), 然后将这些杂种引入与 *S. demissum* 进行杂交, 这样能够获得淀粉含量高达24~

27%的杂种, 甚至可能获得淀粉含量接近31%的杂种。

А. Я. Камераз (1949) 利用 *S. andigena* 的几个类型如 *tocanum*、*hederiforme*、*herrerde*、*quechuanum* 等杂交, 能育出生产效能高的杂种, 其淀粉含量接近28%, 单株产量1800克。很多作者也得出同样的结论。他们指出, 利用 *S. andigena* 并适当选用栽培品种, 杂种第一代即可获得丰产、高淀粉的杂种, 高代虽淀粉含量有所提高, 但产量有所下降。

S. gibberulosum (齐勃罗薯, 孔牟松系) 也可作为选育高淀粉的亲本。А. А. Оsipchuk (1970) 试验, 以 *S. gibberulosum* 作母本其杂种后代的淀粉含量常较反交为高; 与早熟品种交配, 常比晚熟品种交配易获得高淀粉杂种。波兰克拉科夫农科所 M. Palasinski 等 (1977) 分离出 *S. chacoense* 的某些类型具有如下一些特征: 单个块茎平均重量为12.1克, 块茎直径为2.5厘米, 块茎比重1128克/厘米³, 干物质含量为32.9%, 淀粉含量23.3%, 可用作高淀粉育种的杂交亲本。

在马铃薯高淀粉育种中重要的测定项目是淀粉含量和干物质含量。目前育种单位普遍采用比重法, 但此法需要测定的样品量较多 (不能少于5公斤), 同时易受水温等的影响。此外, 还有其它实验室测定法 (如旋光法、比色法、沉淀法等), 都不适于份数多而样品量少的早期测定, 仅适于品系或品种测定。在选育的早期实生苗当代和无性系一代, 可以采用不定量的百分数 (水内重/实际重×100) 作为换算基数, 以适用于不定重量的、甚至是单个薯块的测定。下面介绍 Nissen 测算修正后的公式和测定方法。

$$Mt = 2.5Mw + 1.5$$

式中:

Mt —— 薯块的干物质含量百分率;
(下转119页)

表 1. 马铃薯实生种子千粒重与 F_1 代实生苗不同形态和块茎性状之间简单的表现型的 (P)、基因型的 (G) 和环境的 (E) 相关系数 (r 值)

植株和块茎性状	r 值	植株和块茎性状	r 值
	P+0.136		P+0.413**
1. 主茎高度 (cm)	G+0.145	5. 总块茎产量/株(克)	G+0.415
	E+0.031		E+0.124
	P+0.221*		P+0.307**
2. 主茎叶片数	G+0.239	6. 块茎数/株	G+0.363
	E+0.031		E+0.079
	P+0.219*		P+0.154
3. 茎数/株	G+0.255	7. 平均块茎重(克)	G+0.193
	E+0.102		E+0.009
	P+0.070		P+0.192
4. 地上部鲜重/株(克)	G+0.152	8. 收获指数	G+0.212
	E+0.039		E+0.092

* $P < 0.05$,** $P < 0.01$ r 在 $P < 0.05 = 0.207$ 时, 自由度为 88, 在 0.148 时, 自由度为 177.r 在 $P < 0.01 = 0.270$ 时, 自由度为 88, 在 0.194 时, 自由度为 177

(金黎平译 程天庆校)

(上接112页)

M_w ——是薯块的水中重百分数 (水中重/实际重 $\times 100$);

2.5——是 K 值, 即干物质在空气内的比重和同物在水中比重之比;

1.5——是测算得的受细胞间空气影响的修正常数。按照这个公式计算, 5 公斤薯块 (此样品数不限) 的水中重等于 260 克试样的 $M_w = 5.2$, $M_t = 2.5 \times 5.2 + 1.5 = 14.5\%$ 。

比重可按下式计算:

$$G = 0.0111M_w + 1$$

当 $M_w = 5.2$ 时, $G = 1.0577$ 。

淀粉含量可按式换算:

$$P_s = 2.4M_w - 3.4$$

当 $M_w = 5.2$ 时, $P_s = 9.08\%$ 。

中国科学院遗传研究所于 1980~1983 年, 为马铃薯高淀粉育种的早期鉴定研究出淀粉简易测定法。对测定方法介绍如下。

先用简易定积取薯钳在块茎的一定部位, 取出一个长为 50 毫米的薯条, 称重鲜重除以其体积 (10 厘米³), 其数值的 1/10 即为该样品的比重; 再将称好的样品分别放入小纸袋内晒干或烘干, 再称干重, 即可求出该样品的干率, 干率乘以 65% 即为该测定样品的淀粉率, 其计算公式为:

$$\text{比重} = \frac{\text{取样鲜重}}{\text{体 积}} = \frac{\text{取样鲜重 (克)}}{10 (\text{厘米}^3)}$$

$$\text{干率} = \frac{\text{取样干重}}{\text{取样鲜重}} \times 100\%$$

淀粉率 = 取样干重 $\times 65\%$ (一般工业薯干出粉率)

$$\text{总评值} = \text{比重} \times \text{干率} \times \text{淀粉率}$$

该所根据 4 年测定结果认为, 干率、淀粉率和总评值的大样品和小样品平均数的差异不显著。因此, 用小样品取样测定不失其精确的代表性。