

# 甘薯自然开花自交结实特异材料的遗传分析

刘兰服,马志民,姚海兰,张松树

(河北省农林科学院 粮油作物研究所,河北省作物遗传改良重点实验室,河北 石家庄 050035)

**摘要:** 利用甘薯自然开花并自交结实的特异材料,进行自交、杂交、正反交等方法,创制分离群体,研究后代的遗传变异规律。从后代中培育自然开花自交结实品系,可打破甘薯自交杂交遗传障碍,进行育种材料的基因纯合累加,提供甘薯育种自交亲本及简化制种新技术。

**关键词:** 甘薯; 自然开花; 自交结实; 遗传分析

**中图分类号:** S531.03 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-7091(2011)增刊-0024-04

## The Genetic Analysis on Special Materials of Natural Flowering and Self Fruitfulness in Sweet Potato

LIU Lan-fu, MA Zhi-min, YAO Hai-lan, ZHANG Song-shu

(Institute of Cereal and Crops, Hebei Academy of Agriculture and Forestry Sciences,  
Hebei Crop Breeding Laboratory, Shijiazhuang 050035, China)

**Abstract:** Law of Genetic Variation of sweet potato was studied by using special materials of natural flowering and self fruitfulness that were used to create segregating population by self-pollination, hybridization and reciprocal cross. Selecting natural flowering and self fruitfulness lines from the descendants broke down the genetic block of selfing and hybridization in sweet potato. In this study, breeding material genes of sweet potato were homozygous accumulated, selfing breeding parents was applied and breeding program was simplified.

**Key words:** Sweet potato; Natural flowering; Self fruitfulness; Genetic analysis

甘薯起源于南美洲属于短日照植物,在北纬23°以北不能自然开花,需通过短日照和嫁接等复合处理诱导现蕾开花;甘薯又是严格异交的六倍体植物,自交不育,不孕群内杂交不亲和结实率低<sup>[1]</sup>,这些因素严重制约了甘薯育种开展。通过强制自交后代生命力严重退化,连续自交导致花器退化以至于不能结实,不能培育高度纯合的自交系,只能培育有限自交的育种材料。早期的研究发现,通过诱导开花的能自交结实的育种材料不足10%<sup>[2]</sup>,极少数品种在温带长日照条件下能自然开花,但是自然开花且自交结实的品种极其稀少。甘薯传统育种方法是利用高度杂合的品种杂交,甘薯品种改良进展较慢。按照遗传学的原理,自交可创制基因纯合的育种材料,纯系间杂交可产生更强的杂种优势。从20世纪60年代开始,日本和中国徐州、南京的科学家开始

利用自交、近交等手段改良甘薯的研究,探索自交系在甘薯育种中的应用,已培育出高淀粉的育种材料,但是至今没有用自交系培育成品种<sup>[3-4]</sup>,此项研究终因试验规模浩大进展缓慢而中断。

河北农科院培育成功自然开花并自交结实的河北351,并筛选到同类品种秦薯5号、三合薯等珍贵资源。设计利用这些特异资源开展自交、杂交研究,以大大简化试验程序和工作量,以期获得甘薯自然开花结实变异基因的遗传规律,创制具有优异性状的且能够自然开花结实的相对纯合的自交材料,用作甘薯育种亲本,简化育种程序,提高育种效率。

## 1 材料和方法

### 1.1 试验材料

能够在北方地区自然开花并自交结实的品种:

收稿日期:2011-09-25

基金项目:河北省自然科学基金项目(C2009001307);国家甘薯产业技术体系(CARS-11-C-01)

作者简介:刘兰服(1967-),女,河北枣强人,研究员,主要从事甘薯遗传育种研究。

通讯作者:张松树(1957-),男,河北饶阳人,研究员,主要从事甘薯遗传育种及标准化栽培研究。

河北 351、秦薯 5 号、三合薯; 上述品种的自交一代 ( $S_1$ ) 分离群体、自交二代 ( $S_2$ ) 分离群体; 以及在北方不能自然开花的冀 21-2 等。

1.2 试验方法

自然开花材料( $S_0$ ) 于 5 月上旬栽植花盆,每盆 3 株,正常管理。7 月上旬现蕾开花以后,500 m 隔离,分别人工授粉,采用自花或同株异花方式控制授粉。采用大牵牛作砧木嫁接和短日照双重处理的方法,促进冀 21-2 等开花,然后和自然开花材料分别正反交。分别收获自交种子( $S_1$ ) 和杂交种子( $F_1$ )。第 2 年 5 月用硫酸处理种子催芽种植于苗床,6 月上旬将实生苗移栽大田,栽植 50 d 后统计现蕾开花习性 & 地上部性状。并于 8 月 20 日到 9 月 10 日控制授粉,统计日开花数量和结实率。10 月中旬收获所有单株统计产量和干物率。从后代中鉴定选择自然开花并自交结实遗传稳定性优良的材料。

2 结果与分析

2.1 自然现蕾开花的遗传规律

2007 年把河北 351 自交一代( $S_1$ ) 无性系 105 株 5 月份种植田间,用竹竿搭架捆住主茎便于统计和控制授粉操作。8 月份统计自然现蕾开花性状,

进行统计分析。有 82 株自然现蕾开花,23 株不现蕾开花,推断符合一对显性基因自交后代 3:1 分离比例。经卡方测验, $\chi^2 = 0.536, < \chi^2_{0.05}(1) = 3.84$ 。说明控制自然现蕾开花的基因受一对等位基因控制,且为显性遗传。

进一步将搜集到得类似品种河北 351、三合薯、秦薯 5 号进行正反交,获得杂交一代种子( $F_1$ ),种植  $F_1$  实生苗,统计分析自然开花分离比例,结果见表 1。试验结果表明,3 个自然开花品种具有相同的控制自然开花显性基因,是极其珍贵的基因突变材料。3 个品种可自成自交体系,可分别选育不同遗传背景的自交材料,通过系统间的杂交来提高杂种优势。

2.2 对不开花品种的遗传转化

用自然开花的品种为母本分别与不开花的品种冀 21-2 为父本杂交, $F_1$  实生苗出现约 1/2 植株开花,符合一对显性基因杂交后代分离规律;但是,以不开花的冀 21-2 为母本的反交后代,分离出的开花植株少于正交,结果见表 2。是否存在细胞质遗传或其他修饰基因,尚待进一步研究。两种杂交后代均可分离出大批自然开花后代,为进一步培育自然开花育种材料提供基础群体。

表 1 自然开花品种间杂交结果

Tab.1 Flowering ratio of hybridization of nature flower varieties

杂交组合 Hybrid combination	样本数 Sample number	开花株数 Number of flowering	不开花株数 Number of non-flowering	开花比例/% Flowering proportion	卡方测验 $\chi^2$ 值 Chi-square test	显著性水平 Significant level
河北 351 × 三合薯 Hebei351 × Sanheshu	376	289	87	73.4	0.695 1	0.05
三合薯 × 河北 351 Sanheshu × Hebei351	150	115	35	76.7	0.172 2	0.05
三合薯 × 秦薯 5 号 Sanheshu × Qinshu5	82	59	23	72.0	0.406 5	0.05
秦薯 5 号 × 三合薯 Qinshu5 × Sanheshu	105	78	27	74.3	0.028 5	0.05

表 2 自然开花与不开花品种杂交结果

Tab.2 Flowering ratio of hybridization of natural flowering and non-flowering varieties

组合 Combination	样本数 Sample number	开花株数 Number of flowering	开花比例 Flowering proportion	组合 Combination	样本数 Sample number	开花株数 Number of flowering	开花比例 Flowering proportion
河北 351 × 冀 21-2 Hebei351 × Ji21-2	413	214	51.8	冀 21-2 × 河北 351 Ji21-2 × Hebei351	110	23	20.9
三合薯 × 冀 21-2 Sanheshu × Ji21-2	412	198	48.1	冀 21-2 × 三合薯 Ji21-2 × Sanheshu	135	32	23.7
秦薯 5 号 × 冀 21-2 Qinshu5 × Ji21-2	158	72	45.6	冀 21-2 × 秦薯 5 号 Ji21-2 × Qinshu5	130	40	30.7

2.3 自交结实率的遗传规律

选取自然开花自交结实的 2 个品系冀 351-43 和秦薯 5 号,分别建立自交群体种植实生苗。冀 351-43 自交后代( $S_2$ ) 选择 71 个株系,秦薯 5 号自交后代( $S_1$ ) 选择 67 个株系,选取自然开花的株系连续 20 d 人工自交授粉,然后统计开花和结期数量(表 3)。自然开花的自交后代株系多数可自交结

实,二者呈连锁遗传。但开花数量和结实率存在较大差异(0.508% ~ 57.34%),多数株系结实率较低,但出现少数高结实率的株系。冀 351-43 自交后代的平均结期率明显高于秦薯 5 号,并且变异系数小,说明冀 351-43 自然开花自交结实性好于秦薯 5 号。

表 3 自交后代结实情况

Tab.3 Fructification investigation in inbred progenies

亲本 Parent	株系花数 Strain flower number	花数平均 Average flower number	结蒴率/% Fruit rate	平均结蒴率 Average fruit rate	结蒴率变异系数/% CV of fruit rate
351-43	14 ~ 303	118.3	1.21 ~ 57.34	12.03	86.91
秦薯 5 号 Qinshu5	13 ~ 343	100.2	0.508 ~ 57.75	6.25	134.4

甘薯结实率受自然环境、植株营养状况、花器退化等多因素的影响,开花后结实率很低,只有少数特异材料结实率较高。经过几年试验分析,甘薯开花后,雨季高温高湿光照较少,严重影响了花粉活性和柱头的可孕性,且花粉在 11:00 后失去活力。从 8 月下旬到 9 月上旬,温度湿度适宜,光照充足,是甘薯授粉结实的最佳时期,也是统计分析结实率遗传规律最有效的时期。在此时期对自然开花特异材料进行自交授粉,经过后代选择,培育成以下自然开花结实率高的自交后代材料可为育种利用(表 4)。

表 4 自然开花自交结实材料的结实率

Tab.4 Fructification investigation in materials  
of natural flowering and self fruitfulness

品系 Strain	自交花数 Self flower number	结蒴数 Fruit number	自交结实率/% Self fruitfulness rate
冀自 43 Jizi43	365	91	24.9
冀自 43-34 Jizi43-34	226	61	27.0
冀自 43-116 Jizi43-116	303	85	28.1
秦 5-277 Qin5-277	87	37	42.5

表 5 自交后代株系鲜薯重变异

Tab.5 Variations of fresh weight of progenies from self-pollination

自交品系 Inbred strains	S <sub>0</sub> 鲜质量/(g/株) S <sub>0</sub> fresh weight	S <sub>1</sub> 代株系平均/(g/株) S <sub>1</sub> average fresh weight	S <sub>1</sub> 株系最大值/(g/株) S <sub>1</sub> max-fresh weight	超亲 20% 以上/% Super parent	变异系数/% CV
河北 351 Hebei351	350	340	1 800	28.3	76.5
351-43	330	315	2 250	28.9	109.6
秦薯 5 号 Qinshu5	390	260	1 750	16.9	126.9
三合薯 Sanheshu	550	470	2 700	26.1	87.2

2.4 自交后代重要经济性状的变异

甘薯最重要的经济性状是薯块产量和干物率。对甘薯这一严格杂交植物,强制杂交导致生活力退化,自交群体平均个体薯块产量降低,出现空棵率增加。自交 S<sub>1</sub> 和 S<sub>2</sub> 产量退化程度不同,河北 351 自交一代空株率为 5.7%,而自交二代空株率为 30.4%。不同品种产量退化程度不同,秦薯 5 号自交一代空株率为 32.4%,三合薯自交一代的空株率为 14.9%。自交后代也有了明显超亲个体,河北 351 后代

鲜薯重超亲 20% 以上比例较高,达到 28.3%,自交二代,平均单株鲜薯质量下降,株系最大值和超亲 20% 以上比例变化不明显。秦薯 5 号 S<sub>1</sub> 株系平均鲜薯质量下降较多,超亲 20% 以上比例相对偏低,变异系数为 126.9%(表 5)。育种实践证明在自交近交后代中对产量的选择是有效的,同样可以培育高产品种。例如在满村香自交后代中选育成功冀薯 1 号,在华北 52-45 近交后代中育成徐薯 18。

表 6 自交后代干物率的变异

Tab.6 Variations of dry matter rate of progenies from self-pollination

品系 Strain	S <sub>0</sub> 干物率/% S <sub>0</sub> dry matter content	S <sub>1</sub> 株系干物率/% S <sub>1</sub> dry matter content		比亲本高 2.0 ~ 3.9 个百分点株系/% Super parent 2.0 ~ 3.9 percent	比亲本高 4.0 个 百分点以上株系/% Super parent 4.0 percent	变异系 数/% CV
		平均值 Average	最高值 Max			
河北 351 Hebei351	27.5	27.6	32.2	25.9	7.4	9.4
秦薯 5 号 Qinshu5	29.1	26.9	37.5	6.8	4.9	13.7
三合薯 Sanheshu	22.9	24.6	35.2	14.6	18.5	14.6

自交后代的干物率的变异符合加性遗传规律,自交使控制干物率的基因累加,组合分离出高干率类型。各品种自交后代变化幅度也不相同。河北 351 干率适中,自交 S<sub>1</sub> 平均值相对于自交 S<sub>0</sub> 变化较小,超亲比例较大。秦薯 5 号干率较高,自交 S<sub>1</sub> 变

异系数较大,易分离出高干品系(37.5%)。三合薯干率偏低,自交 S<sub>1</sub> 平均干率增加,超亲比例高,变异系数最大。

自交后代经过 2 年萌芽性、储藏性和田间生产力鉴定,在自交 S<sub>1</sub> 和 S<sub>2</sub> 中以自然开花结实为主要目

标,选择具有较高的鲜薯产量的品系,选育成可稳定遗传的品系冀自 351-43、冀自 43-34、冀自 43-116、Q-277。冀自 43、Q-277 为  $S_1$  品系,干物率中等,产量高长势壮。冀自 43-34、冀自 43-116 为  $S_2$  品系,中产低干系,开花结实性状好。均可用于配制杂交组合开展配合力研究。

### 3 讨论

甘薯为异花授粉作物,大多数自交不亲和,存在不孕群,同群内品种间杂交不易结实。传统甘薯育种重视遗传距离远的品种间杂交,通过自交、近交改造种质资源的研究开展甚少。植物育种上重大的突破往往依靠特异种质的创新,如杂交水稻的突破依托野败的发现利用。日本九州农试站和徐州农科所的研究表明,自交可对育种材料的加性遗传基因累加,如淀粉含量、根腐病抗性、胡萝卜素等性状,并通过选择剔除不利基因,创制更高级的育种材料。但是此项工作应依托特异种质的利用,自然开花自交结实特异材料可破除自交杂交障碍,减少诱导开花

制种程序和工作量,培育一批基因位点相对纯合的种质资源,提高育种材料杂交的亲和性及甘薯育种效率。

本研究处于初级阶段,只利用三个自然开花结实特异品种自交,试验规模和试验时间所限,仅对自然开花结实和经济性状的遗传做了初步分析,对自交材料配合力鉴定尚未完成,试验结果存在局限性。甘薯是复杂的六倍体植物,揭示其遗传规律有待进一步深入研究。

#### 参考文献:

- [1] 陆漱韵. 甘薯育种学[M]. 北京: 中国农业出版社, 1998: 108 - 118.
- [2] 李秀英, 马代夫. 甘薯常用亲本自交及杂交亲和性分析[J]. 作物品种资源, 1998(4): 3 - 5.
- [3] 朱崇文, 袁宝忠, 盛家廉. 自交系在甘薯育种中应用的探讨[J]. 江苏农业科学, 1980(6): 33 - 40.
- [4] 谢国禄. 利用近交系改良甘薯的可能性[J]. 国外作物育种, 1997(1): 59 - 63.