

## 甘薯与低倍体种间杂种杂交低结实性的克服<sup>X</sup>

王兰珍 李惟基 周海鹰 葛玉梅 刘庆昌 陆漱韵

(中国农业大学植物遗传育种系 北京, 100094)

**提 要** 通过观察花粉萌发、花粉管生长、受精、胚发育等过程, 发现甘薯与低倍体(3x, 5x)种间杂种杂交低结实性的原因: 一是花粉附着量少、花粉萌发量少、花粉管生长缓慢导致子房受精不足, 使子房出现第一次大量脱落; 二是胚发育异常导致子房出现第二次大量脱落。这种胚发育异常对甘薯 × 5x 杂种来说是受精卵发育缓慢; 对甘薯 × 3x 杂种来说是胚发育停滞于球形胚阶段。

研究了克服甘薯 × 低倍体种间杂种低结实性的方法。结果表明: 甘薯与 5x 杂种反交, 其受精前障碍较小。植物生长调节剂(共 6 种配方)处理子房可改善甘薯 × 低倍体种间杂种的结实性, 其中配方 É (100 mg/L NAA + 50 mg/L 6BA) 效果较好。利用配方 É 做两次处理可使甘薯 × 5x 种间杂种的结实率进一步提高。通过观察植物生长调节剂处理对子房寿命和胚发育过程的影响, 发现植物生长调节剂通过提高有效胚存在率而提高甘薯 × 3x 种间杂种的结实率; 通过促进胚的发育和延长子房寿命而提高甘薯 × 5x 种间杂种的结实率。

**关键词** 甘薯; 低倍体种间杂种; 种间杂交; 结实性

## Overcoming of Low Seedset in Sweet Potato × Triploidy-Pentaploidy Interspecific Hybrids

WANG LanZhen LI WeiJi ZHOU HaiYing GE YuMei LU QingChang  
LU ShuYun

(*Dep. Plant Gen. & Breeding, China Agr Univ, Beijing, 100094*)

**Abstract** The causes of low seedset in the hybridizations between sweet potato and 3x-5x interspecific hybrids were found as: few pollens attached to stigma, few pollens germinated, and slow growing of pollen tube led to low fertility rate which resulted in the first abscission of pollinated ovules; slow differentiation of fertilized egg (in sweet potato × 5x) or embryo developmental cease at globular stage (in sweet potato × 3x), resulted in the second abscission of pollinated ovules.

Some methods were tried to overcome the low seedset. Sweet potato to be used as male parent was available to overcome the pre-fertilization barrier. Application of NAA (100 mg/L) + 6BA (50 mg/L) was available to extend ovary life, so that the number of embryo in pollinated ovules might be increased (in sweet potato × 3x), or embryo development might be improved (in sweet potato × 5x). Duplicating application of NAA (100 mg/L) + 6BA (50 mg/L) could further increased the seedset in sweet potato × 5x.

**Key words** Sweet potato; 3x-5x interspecific hybrids; Interspecific cross; Seedset

X 属国家攻关 962002202217 专题  
收稿日期: 1998207222, 接收日期: 1998212230

在甘薯近缘野生种的第1群中, 对与甘薯倍性相同的 *I. trifida* 6x 的育种利用是成功的<sup>[1, 2]</sup>, 但低倍体种(*I. trifida* 2x, 4x)相互杂交或与甘薯杂交, 其后代一般结薯性很差, 尽管它们具有很多优良性状, 如抗旱、抗寒、抗黑斑病、高干率等, 在生产上却没有应用价值<sup>[3]</sup>。用这些低倍体种间杂种作为育种材料与甘薯杂交又发现结实率很低<sup>[4, 5]</sup>。为解决这些问题所作的研究, 至今还不多见<sup>[4-8]</sup>。本研究意在进一步的探索导致甘薯×低倍体种间杂种低结实性的原因, 并找出相应的克服方法, 以利甘薯低倍体野生种应用于育种实践。

## 1 材料与方法

### 1.1 杂交亲本

高自1号等6个甘薯品种, 代表不同的不孕群。甘薯×*I. trifida* 4x 的五倍体杂种后代的3个株系5402、5502和5522。*I. trifida* 2x×*I. trifida* 4x 的杂交后代株系3210, 其2n大粒可育花粉频率为10%。

### 1.2 柱头上花粉萌发与花柱中花粉管的生长状况的观察

在授粉8 h 后采摘授粉花朵, 每组合10朵。卡诺液中固定24 h, 70% 酒精保存。苯胺蓝染色, 荧光显微镜观察, 统计柱头上花粉附着量、萌发量和花柱上、下部的花粉管数。

### 1.3 受精情况观察

授粉后一天取子房10枚, 卡诺液固定24 h, 常规石蜡切片, 厚11 μm。番红2固绿对染, 显微观察受精情况并统计受精率。卵核受精后, 可观察到核与壁之间的细胞质呈星网状。

### 1.4 子房寿命与胚发育观察

授粉后1、3、5、7、10、15天统计子房存留率, 测定子房的大小(mm×mm), 并取子房10枚以卡诺液固定, 石蜡切片法观察胚发育情况, 并计算存留胚珠含胚率和有效胚存在率。子房存留率(%)= 存留的子房数÷授粉花数×100; 存留胚珠含胚率(%)= 观察到的胚的个数÷观察胚珠数×100; 有效胚存在率(%)= 存留胚珠含胚率×子房存留率×100。

### 1.5 结实率及结蒴率的统计

结蒴率(%)= 所得蒴果数÷杂交花数×100; 结实率(%)= 收获的种子数÷(杂交花数×4)×100。

### 1.6 植物生长调节剂处理

配方为: É 100 mg/L NAA+ 50 mg/L 6BA; ° 50 mg/L 6BA+ 20 mg/L 2, 4-D; , 30 mg/L NAA; Ì 50 mg/L 6BA; V 500 mg/L GA<sub>3</sub>; 。 100 mg/L NAA+ 50 mg/L 6BA+ 500 mg/L GA<sub>3</sub>。授粉后立即用注射器将植物生长调节剂滴1~2滴到子房周围。二次处理在授粉后5天进行。

## 2 结果与讨论

### 2.1 甘薯×低倍体种间杂种低结实性的原因

#### 2.1.1 柱头上花粉萌发和花柱中花粉管生长状况

甘薯×5x 作高自1号×5402, 高自1号×5502, 向阳红×5402, 向阳黄×5402; 甘薯×3x 作高自1号3210, 向阳黄×3210, 向阳红×3210, 观察结果表明, 甘薯×低倍体种间杂种的各组合, 母本平均每个柱头附着花粉数只有1.8~5.8个, 萌发花粉数只有0.8~2.0个, 到达花柱基部的花粉管数只有0.1~1.1个, 由此推算允许的最大受精率为2.5%~28%。而据侯利

霞等<sup>[4]</sup>观察, 自交结实率高的甘薯品种授粉后8 h 到达花柱基部的花粉管数目可达4个以上, 允许的最大受精率达到100%。可见在甘薯与低倍体种间杂种的杂交中存在较严重的受精前障碍, 与前人<sup>[4, 5]</sup>研究结果一致。

### 2.1.2 甘薯 × 低倍体种间杂种的受精状况观察

作高自1号 × 5402, 向阳红 × 5402, 向阳黄 × 5402, 高自1号 × 3210, 向阳红 × 3210, 于授粉后一天观察受精状况。结果表明甘薯 × 低倍体种间杂种各组合受精率为0~ 17.6%, 与根据花柱下部花粉管数推算的允许的最大受精率范围2.5%~ 28% 较为接近, 花粉管长入胚珠后的受精过程似乎没有明显障碍。

### 2.1.3 甘薯 × 低倍体种间杂种的子房寿命和胚发育过程

#### 2.1.3.1 甘薯 × 低倍体种间杂种的子房寿命

观察甘薯 × 5 x 组合高自1号 × 5502, 甘薯 × 3 x 组合向阳红 × 3210的子房寿命, 结果如图1、图2所示。

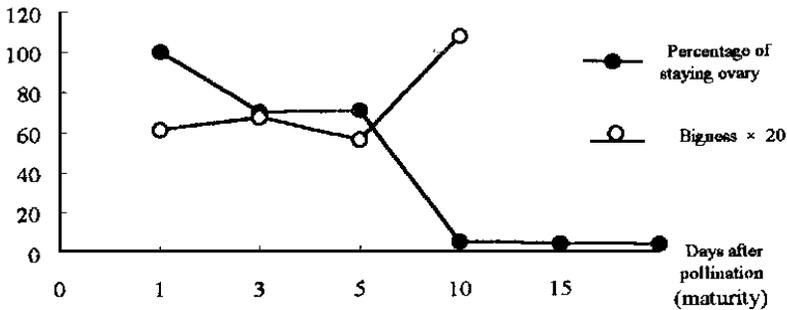


图1 甘薯 × 5 x 的子房寿命

Fig 1 Ovary life of sweetpotato × 5 x

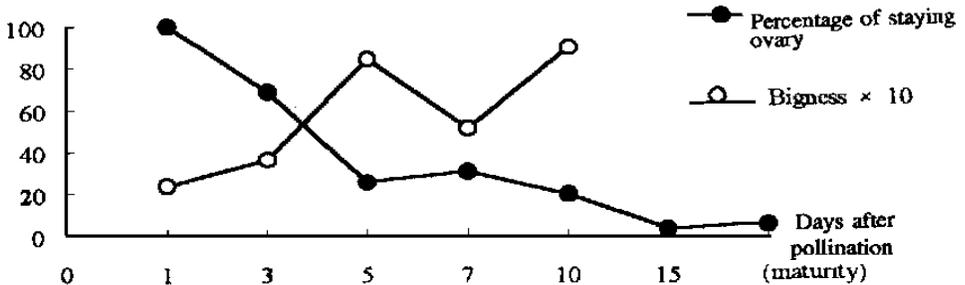


图2 甘薯 × 3 x 的子房寿命

Fig 2 Ovary life of sweetpotato × 3 x

注: 在图1、2中大小 × 20、大小 × 10表示在数值上将原始数据放大的倍数

Note: × 20 and × 10 in Fig 1 and Fig 2 mean that the original data to be extended as those times

从图1、图2可看出, 甘薯与低倍体种间杂种杂交后子房经历两次大量脱落, 其后存留率接近结蒴率。对甘薯 × 3 x 来说, 第一次大量脱落出现在授粉后1~ 5天, 第二次大量脱落出现在10~ 15天。从存留子房的大小变化来看, 子房在授粉后渐次膨大; 但在两次大量脱落之间, 子房的平均大小变化不大。而且发现有些存留子房萎蔫、变黄, 不同子房之间出现明显的大小差异。甘薯 × 5 x 的情况也相似, 只是第一次大量脱落出现在1~ 3天, 第二次大量脱落出现

在5~10天。以上观察到的子房脱落趋势,在同类型研究中未见报道。

### 2.1.3.2 甘薯×低倍体种间杂种的胚发育过程

石蜡切片观察胚发育过程,结果表明高自1号×5502胚发育进程缓慢,授粉后1天和3天都只观察到受精卵(见图版É—1、2),授粉后5天才观察到多细胞胚(见图版É—3),而在甘薯不同的不孕群的品种间杂交中,授粉5天后,胚已发育到球形胚或心形胚阶段<sup>[9,10]</sup>,可见甘薯×5x杂种存在受精卵分化缓慢的障碍。向阳红×3210,则在授粉后1天的胚珠中发现了受精卵,在授粉后3天的胚珠中发现了多细胞胚(见图版É—4),在授粉后5天的胚珠中发现了球形胚(见图版É—5),这说明甘薯×3x在授粉后1~5天胚发育基本正常。但在授粉后7天、10天发现胚珠中的胚仍为球形胚(图版É—6),在授粉后10天发现胚乳退化。已知甘薯不同的不孕群的品种间杂交中,授粉后5~6天胚发育到心形胚阶段,胚乳开始解体,授粉后7~8天胚发育到鱼雷形胚阶段,授粉后10天可观察到子叶和退化的胚乳<sup>[10]</sup>。可见在甘薯×3x杂种时,胚在发育过程中停滞于球形胚阶段,而胚乳却正常退化。综合以上分析可知,甘薯×低倍体种间杂种的杂交中普遍存在胚发育障碍,只是甘薯×5x杂种的胚发育障碍发生较早,而甘薯×3x杂种的胚发育障碍发生较晚。这在同类型研究中也未见报道。

### 2.1.3.3 甘薯×低倍体种间杂种的子房寿命与胚发育之间的关系

子房脱落导致的直接后果是结蒴率的降低,而胚发育正常与否则直接关系到种子能否形成。阐明二者之间的内在联系有助于找出导致低结实的真正原因。有效胚存在率是联系二者的桥梁,甘薯×低倍体种间杂种的有效胚存在率的计算结果见表1。

表1 甘薯×低倍体种间杂种的有效胚存在率(%)

Table 1 Available embryo percentages of sweetpotato × tri-öpen ta-ploidy hybrids

组 合 Combination	观察项目 Item observed	授粉后天数(Days after pollination)						成熟 Maturity
		1	3	5	7	10	15	
高自1号×5502 Gaozi1 × 5502	子房存留率	100.0	70.0	70.8	-	5.3	4.0	3.3
	存留胚珠含胚率	11.1	40.0	15.8	-	-	-	-
	有效胚存在率	11.1	9.3	11.2	-	-	-	0.8
	Available embryo percentage							
向阳红×3210 Xiangyanghong × 3210	子房存留率	100.0	68.7	25.6	31.1	20.0	3.3	5.8
	存留胚珠含胚率	10.0	13.0	26.3	26.7	45.4	-	-
	有效胚存在率	10.0	8.9	6.7	8.3	9.1	-	1.9
	Available embryo percentage							

从表1可看出,第一次子房大量脱落后,子房存留率变化大,高自1号×5502(授粉后1~3天)的存留率下降30个百分点,向阳红×3210(授粉后1~5天)的存留率下降74.4个百分点,同时存留胚珠含胚率逐渐上升,但有效胚存在率变化不大,这说明这次脱落的主要是未受精子房。由此可知,受精不足是造成子房脱落、导致低结实的重要原因。通过石蜡切片的观察还看到,在子房第一次大量脱落之后,高自1号×5502和向阳红×3210的存留胚珠含胚率分别为10.5%和45.5%,据此推算,子房中有胚子房的比例大约分别为40%和100%。但此

后又经历第二次大量脱落使子房存留率分别下降到4.0%和3.3%，有效胚存在率也明显下降，可见第二次大量脱落的子房大多数是有胚子房。而胚发育过程的观察结果又表明，在子房第二次大量脱落前夕，胚发育不正常。由此可以推知正是胚发育异常导致子房的第二次大量脱落，使结实率进一步降低。前人<sup>[4, 5]</sup>在研究中也发现了甘薯×低倍体种间杂种存在子房受精不足和胚发育障碍，但观察较为笼统，对胚发育障碍的发生阶段不甚明了，也未能说明子房受精不足和胚发育障碍是导致低结实的内因，子房脱落只是其外在表现，而是将这三者都作为导致低结实的原因。

## 2.2 甘薯×低倍体种间杂种低结实性的克服方法

### 2.2.1 反交对结实率的影响

种植过程中发现5x有些株系结有种子，说明这些5x株系也具有做母本的能力，因此用甘薯与5x株系做反交，结果见表2。

表2 甘薯×5x种间杂种正反交结实率  
Table 2 Reciprocal crossing seedsets of sweetpotato × 5x

群别 Group	杂交类型 Type of crossing	组合 Combination	杂交花数(朵) Number of flower crossed	结实数(粒) Number of seed obtained	结实率(%) Seedset
B	正交 Positive	徐18 × 5402 Xu218 × 5402	31	0	0
	反交 Negative	5402 × 徐18 5402 × Xu218	6	1	4.2
C	正交 Positive	向阳黄 × 5402 Xiangyanghuang × 5402	30	0	0
	反交 Negative	5402 × 向阳黄 5402 × Xiangyanghuang	29	9	7.8
	正交 Positive	农大红 × 5402 Nongdahong × 5402	30	0	0
	反交 Negative	5402 × 农大红 5402 × Nongdahong	27	8	7.4
D	正交 Positive	乌尖苜 × 5402 Wujianshao × 5402	28	1	0.9
	反交 Negative	5402 × 乌尖苜 5402 × Wujianshao	25	0	0
E	正交 Positive	向阳红 × 5402 Xiangyanghong × 5402	65	3	0.2
	反交 Negative	5402 × 向阳红 5402 × Xiangyanghong	26	3	2.9
高自1号 群	正交 Positive	高自1号 × 5402 Gaozi21 × 5402	46	0	0
	反交 Negative	5402 × 高自1号 5402 × Gaozi21	28	0	0

如表2所示，用5402作母本与5个甘薯不孕群的6个代表品种杂交的结实率多比正交的高，其中C群品种最为突出，其正交结实率均为零，而反交结实率都在7%以上。

为弄清甘薯×5x杂种反交比正交更易结实的原因，观察了向阳黄×5402在正反交时的花粉萌发和花粉管生长的情况。结果反交时柱头上粘附的花粉数为23.5个，

萌发的花粉数为9.0个，比正交分别增加17.7个和8.2个(见图版E—7, 8)，到达花柱基部的花粉管数为2.4个，比正交增加2.1个，允许的最大受精率为60%，比正交增加57.5个百分点。由此可见，反交的受精前障碍比正交小得多，因而较易结实。其原因具体可能在于：正交时5x杂种产生的花粉多为非整倍体。尽管在基因补偿的作用下，有大量花粉具有生活力，但与

正常花粉相比仍有许多缺陷, 因此在花粉附着、花粉萌发及花粉管生长中出现障碍, 导致受精率低; 在反交中, 甘薯品种作父本, 花粉不仅具有正常的育性, 而且具有正常的萌发和花粉管生长能力, 因而使受精的可能性大为提高。

由于 $5 \times$ 杂种通常由甘薯(作母本)  $\times$ 野生种获得, 本试验采用的 $5 \times$ 杂种5402和5502亦然, 故这些 $5 \times$ 杂种作母本(反交)时不会使其子代含有野生种的细胞质, 从而也就不致在群体水平上比正交表现很差的结薯性。但甘薯任何杂交组合的子代都表现广泛分离, 因而这一推测有待于另作具有一定规模的试验加以证实。

但是,  $5 \times$ 杂种是奇倍体, 作为母本利用时可能存在雌配子不育对结实性的影响, 曾经发现有些 $5 \times$ 株系就不结籽, 所以利用反交只能利用雌配子败育率不高的 $5 \times$ 株系。

## 2.2.2 植物生长调节剂处理

### 2.2.2.1 植物生长调节剂对子房寿命的影响

用植物生长调节剂配方 $\acute{E}$ (以下简称配方 $\acute{E}$ )对子房进行一次处理和二次处理, 以不处理为对照, 观察一次、二次处理对子房寿命的影响。

结果表明, 高自1号  $\times$  5502授粉后3天、10天、15天的子房存留率分别为70%、5.3%和4.0%, 一次处理的子房存留率分别为90.9%、9.1%和4.2%, 说明植物生长调节剂的作用随着时间的延长而减弱。在授粉后5天第二次处理子房, 则使授粉后10天、15天的子房存留率和成熟期的结蒴率得到显著提高, 它们分别为80%、66.7%和16.7%。从存留子房的大小来看, 在授粉后5天以内, 配方 $\acute{E}$ 处理过的子房平均大小比对照略小, 而在授粉10天之后, 处理过的子房平均大小较对照大, 这表明植物生长调节剂克服甘薯  $\times$   $5 \times$ 杂种低结实的作用主要在于维持了有胚子房的发育而使结蒴率得到提高。

对于向阳红  $\times$  3210来说, 则从授粉后3天一直到蒴果成熟, 处理的子房存留率较对照高, 而且随着时间的推移, 提高的幅度在不断地增加。授粉后1、3、5、7、10、15天和成熟时对照的子房存留率分别为100%、68.7%、25.6%、31.1%、20.0%、3.3%和5.8%; 一次处理则分别为100%、76.9%、40.3%、42.5%、58.0%、35.3%和33.3%。但在授粉后5天进行二次处理反而不如一次处理, 使授粉后10天、15天和成熟时的子房存留率分别降至35.3%、5.33%和11.4%。可见植物生长调节剂对甘薯  $\times$   $3 \times$ 杂种的子房寿命的影响主要在于抑制了授粉后1~5天的第一次子房脱落, 授粉后5天补施的配方 $\acute{E}$ 使子房激素水平不适当的提高, 产生了不利的影响。

### 2.2.2.2 植物生长调节剂对胚发育的影响

选取高自1号  $\times$  5502和向阳红  $\times$  3210进行配方 $\acute{E}$ 一次处理和二次处理, 用石蜡切片法观察两种处理对胚发育的影响。

结果表明, 高自1号  $\times$  5502经配方 $\acute{E}$ 一次处理后, 有效胚存在率在授粉后1、3、5天分别由11.1%提高到21.4%, 由9.3%提高到11.5%, 由7.4%提高到13.1%; 二次处理后, 在授粉后10天、15天的子房中观察到球形胚(图版 $\acute{E}$ —9, 10)。这说明二次处理促进了甘薯  $\times$   $5 \times$ 杂种的胚进一步发育。据此推测甘薯  $\times$   $5 \times$ 杂种的受精子房可能由于种种原因不能产生足够的内源激素刺激受精卵分裂, 幼胚不能形成, 而幼胚又是子房生长发育过程中产生内源激素的一个来源, 因此子房的激素水平进一步降低, 导致子房脱落; 经植物生长调节剂处理之后, 则子房的激素水平提高, 受精卵得以分裂。授粉5天之后, 外源激素的作用减弱, 而幼胚又不能产生足够的内源激素维持子房的生长, 因而导致子房脱落, 使胚失去了发育的条件。及时

第二次补施植物生长调节剂之后, 子房激素水平的提高使子房继续生存, 胚继续发育。

对向阳红 × 3210来说, 观察结果表明, 在授粉后一天, 配方É 处理的有效胚存在率由对照的6.7% 提高到11.1%, 在授粉后3天, 由对照的8.9% 提高到23.0%, 授粉后5天由对照的6.7% 提高到14.1%, 在此之后一直到授粉后15天有效胚存在率提高的幅度保持较平稳的水平。由此推测在授粉后1~3天之间配方É 处理的子房中又有一部分卵细胞完成受精作用。结果还表明一次和二次处理子房在授粉后7、10天的胚仍然停留在球形胚阶段, 这说明该配方É 一次或二次处理均不能促进甘薯 × 3 x 杂种的球形胚进一步发育。

表3 植物生长调节剂一次处理对结实率的影响

Table 3 Effect on seedset by one-time treatment of plant growth regulator

组合类型 Type of combination	组合 Combination	观察项目 Item observed	对照 CK	植物生长调节剂(Plant growth regulator)					
				É	°	˘	ı	˘	˘
甘薯 × 3 x Sweet potato × 3 x	高自1号 × 3210 Gaozi21 × 3210	杂交花数(朵)	29	56	20	30	29	26	30
		No. of flower crossed							
		结实数(粒)	0	0	0	0	0	0	0
		No. of seed obtained							
		结实率(%)	0	0	0	0	0	0	0
		Seedset (%)							
	向阳红 × 3210 Xiangyanghong × 3210	杂交花数(朵)	52	48	30	25	28	25	-
		No. of flower crossed							
		结实数(粒)	4	19	4	0	5	0	-
		No. of seed obtained							
		结实率(%)	1.9	9.9	3.3	0	4.5	0	-
		Seedset (%)							
甘薯 × 5 x Sweet potato × 5 x	高自1号 × 5402 Gaozi21 × 5402	杂交花数(朵)	46	30	30	30	31	29	30
		No. of flower crossed							
		结实数(粒)	0	0	0	0	1	0	0
		No. of seed obtained							
		结实率(%)	0	0	0	0	0.8	0	0
		Seedset (%)							
	高自1号 × 5502 Gaozi21 × 5502	杂交花数(朵)	31	40	-	-	-	-	-
		No. of flower crossed							
		结实数(粒)	1	3	-	-	-	-	-
		No. of seed obtained							
		结实率(%)	0.8	1.9	-	-	-	-	-
		Seedset (%)							
向阳红 × 5402 Xiangyanghong × 5402	杂交花数(朵)	65	34	29	30	30	30	30	
	No. of flower crossed								
	结实数(粒)	3	0	0	0	0	0	0	
	No. of Seed obtained								
	结实率(%)	1.15	0	0	0	0	0	0	
	Seedset (%)								
向阳红 × 5522 Xiangyanghong × 5522	杂交花数(朵)	48	44	36	32	39	-	-	
	No. of flower crossed								
	结实数(粒)	3	2	2	2	4 <sup>3</sup>	-	-	
	No. of seed obtained								
	结实率(%)	1.6	1.7	1.4	1.6	2.6	-	-	
	Seedset (%)								

注 (Note): É 100 mg/L NAA + 50 mg/L 6BA ° 30 mg/L 6BA + 20 mg/L 2, 4D ˘ 30 mg/L NAA ı 50 mg/L 6BA ˘ 500 mg/L GA<sub>3</sub> ˘ 100 mg/L NAA + 500 mg/L 6BA + 500 mg/L GA<sub>3</sub>

3 其中有3粒是皱缩小种子, 经解剖发现胚珠内没有胚结构  
No embryo in the three seeds of them.

### 2.2.2.3 植物生长调节剂对结实率的影响

在甘薯 × 低倍体种间杂种中的各组合中, 用不同配方的植物生长调节剂处理子房, 计算其结实率, 结果见表3。

从表3可看到, 总体来说配方É 的效果最好, 可以使向阳红 × 3210的结实率由1.9% 提高到9.9%, 使高自1号 × 5502的结实率从0.8% 提高到1.9%。

用效果较好的剂配方É 进行二次处理, 统计其结实率, 结果见表4。

表4 配方É 二次处理对甘薯 × 低倍体种间杂种的结实率的影响

Table 4 Effect on seedset by two-times treatment with recipe É of plant growth regulator

组合类型 Type of combination	组合 Combination	观察项目 Tem observed	对照 CK	一次处理 One2ime treatment	二次处理 Two2imes treatment
甘薯 × 3 x Sweet potato × 3 x	高自1号 × 3210 Gaozi1 × 3210	杂交花数(朵)	29	29	26
		No. of flower crossed			
		结实数(粒)	1	0	1
		No. of seed obtained			
		结实率(%)	0.96	0	1.0
		Seedset (%)			
	向阳红 × 3210 Xiangyanghong × 3210	杂交花数(朵)	52	48	35
		No. of flower crossed			
		结实数(粒)	4	19	4
		No. of seed obtained			
		结实率(%)	1.9	9.9	2.9
		Seedset (%)			
甘薯 × 5 x Sweet potato × 5 x	高自1号 × 5402 Gaozi1 × 5402	杂交花数(朵)	30	30	30
		No. of flower crossed			
		结实数(粒)	0	0	0
		No. of seed obtained			
		结实率(%)	0	0	0
		Seedset (%)			
	高自1号 × 5502 Gaozi1 × 5502	杂交花数(朵)	31	40	20
		No. of flower crossed			
		结实数(粒)	1	3	3
		No. of seed obtained			
		结实率(%)	0.8	1.9	3.8
		Seedset (%)			

从表4可以看出, 用配方É 二次处理使高自1号 × 5502的结实率由对照的0.8% 提高到3.8%, 而用配方É 一次处理, 仅能将结实率提高到1.9%。这是二次处理继续延长了该杂交组合子房寿命的必然结果。对甘薯 × 3 x 杂种来讲, 配方É 二次处理的效果不明显, 甚至不如一次处理, 这是二次处理降低了该杂交组合子房存留率的必然结果。

本研究通过以上实验获得了一批甘薯 × 低倍体种间杂种的种子。处理所得种子总数为对照所得种子总数的4.28倍。播种部分种子, 获得后代植株, 发现块根干率普遍高于其甘薯亲本, 单株鲜薯重变异于0至1150 g 之间, 从中初步选到3个高产株系。

### 3 结论

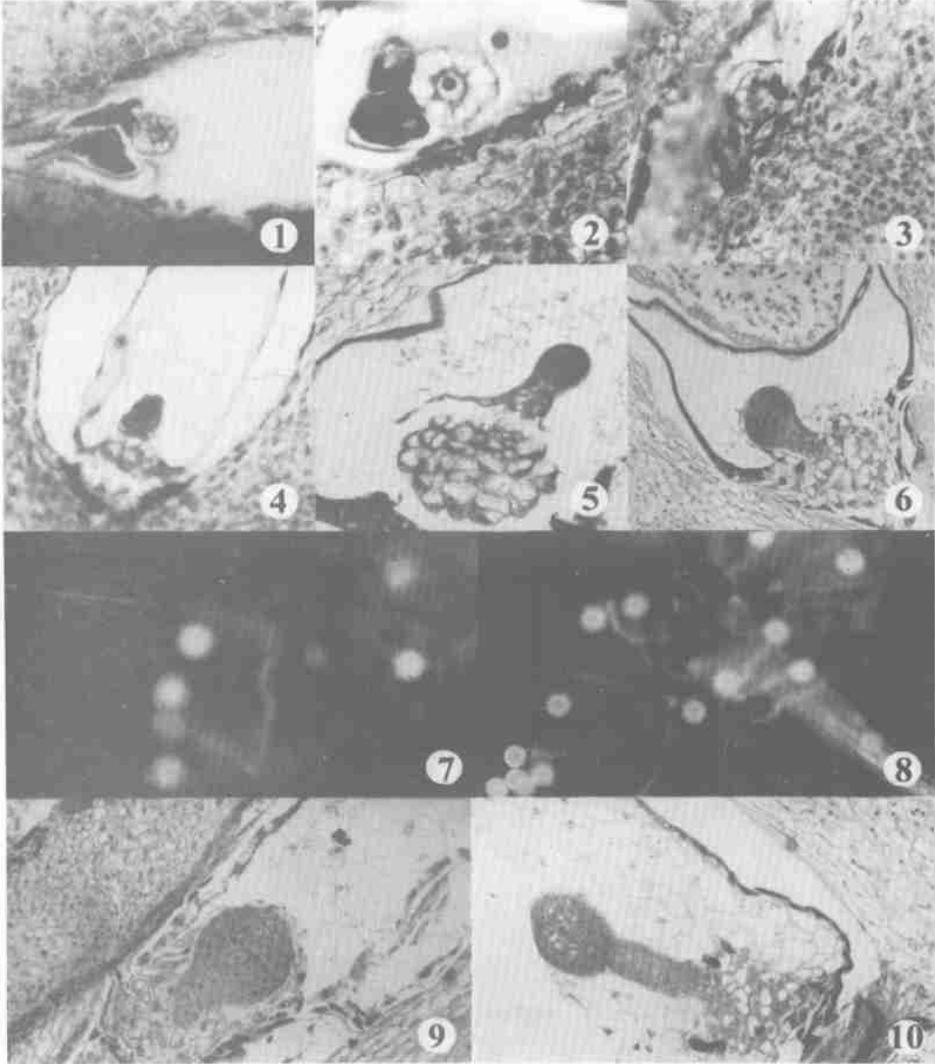
3.1 甘薯×低倍体种间杂种低结实的原因有二。花粉附着量少、花粉萌发量少、花粉管生长缓慢导致的子房受精不足是导致低结实的一个重要原因。胚发育障碍是导致低结实的另一重要原因。对甘薯×5x杂种来说胚发育障碍表现为受精卵发育缓慢。对甘薯×3x杂种来说,胚发育障碍表现为胚发育停滞于球形胚阶段。

3.2 甘薯与5x杂种之间的杂交,实行反交(以甘薯为父本)有利于克服受精前障碍。

3.3 植物生长调节剂NAA (100 mg/L)+6BA (50 mg/L)可改善甘薯×低倍体种间杂种的结实性。对甘薯×3x杂种来说,它的主要作用在于延长受精时间,提高有效胚存在率;对甘薯×5x杂种来说它的主要作用在于促进胚的发育和延长子房寿命。用上述配方对甘薯×5x杂种进行二次处理,可进一步增强效果。

### 参 考 文 献

- 1 张必泰,徐品莲,张黎玉 江苏农业科技, 1979, (4): 21~ 24
- 2 Sakamoto S. *JARQ*, 1970, 5(4): 1~ 5
- 3 张黎玉,徐品莲,邱瑞镰等 中国甘薯, 1987, 1: 26~ 29
- 4 侯利霞,李惟基,周海鹰等 中国农业大学学报, 1997, 2(5): 91~ 99
- 5 黄龙,李惟基,周海鹰等 农业生物技术学报, 1998, 6(2): 147~ 154
- 6 李惟基,陆漱韵,王家旭等 北京农业大学学报, 1993, 19(1): 108
- 7 Freyre R, G O rjeda, M Iwanaga *Genam e* 1991, 34: 209~ 214
- 8 Li W J, L X Hou, L Huang *et al* In: Liu Q C, Kokubu ed *Proc Ist Chinese/Japanese Sym. Sweet potato & Potato*, Beijing: Beijing Agr. Univ Press, 1995, 49~ 56
- 9 陆漱韵,张洪平,李惟基 见: 中国遗传学会,植物遗传学理论及应用论文集.上海:上海科技出版社, 1994, 557~ 560
- 10 李坤培,张启堂 植物学报, 1987, 29(1): 34~ 40



**图版 I 说明** 1. 高自1号×5502授粉后1天受精卵；2. 高自1号×5502授粉后3天受精卵；3. 高自1号×5502授粉后5天的多细胞胚；4. 向阳红×3210授粉后3天的多细胞胚；5. 向阳红×3210授粉后5天的球形胚；6. 向阳红×3210授粉后10天的球形胚；7. 向阳黄×5402授粉后8小时花粉在柱头上的附着和萌发；8. 5402×向阳黄授粉后8小时花粉在柱头上的附着和萌发；9. 高自1号×5502植物生长调节剂 I 两次处理，授粉后10天的球形胚；10. 高自1号×5502植物生长调节剂 I 两次处理，授粉后15天的球形胚。

**Explanation of Plate I** 1. Fertilized egg in Gaozi-1×5502, DAP=1; 2. Fertilized egg in Gaozi-1×5502, DAP=3; 3. Multicell embryo in Gaozi-1×5502, DAP=5; 4. Multicell embryo in Xiangyanghong×3210, DAP=3; 5. Globular embryo in Xiangyanghong×3210, DAP=5; 6. Globular embryo in Xiangyanghong×3210, DAP=10; 7. Attachment and germination of pollen in Xiangyanghuang×5402, 8 h after pollination; 8. Attachment and germination of pollen in 5402×Xiangyanghuang, 8 h after pollination; 9. Globular embryo in Gaozi-1×5502 with two-times treatment of PGR recipe I, DAP=10; 10. Globular embryo in Gaozi-1×5502 with two-times treatment of PGR recipe I, DAP=15.