

薛金燕, 吴隽香, 刘益勇, 等. 5 种栽培茄与赤茄杂交亲和性分析及杂交种鉴定[J]. 江苏农业科学, 2020, 48(23): 140-145.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2020.23.028

5 种栽培茄与赤茄杂交亲和性分析及杂交种鉴定

薛金燕, 吴隽香, 刘益勇, 徐照璨, 赵恩鹏, 张 杰, 成玉富, 杨 旭

(扬州大学园艺与植物保护学院, 江苏扬州 225009)

摘要:以 L106、L108、L51、L171、L81 为母本, 赤茄 (*Solanum integrifolium* Pro.) 为父本, 采用重复授粉、花柱短截及混合授粉 3 种授粉方式进行杂交, 利用荧光显微镜观察授粉后花粉管生长动态; 利用田间表型鉴定及 SSR 分子标记鉴定, 鉴定杂交种, 以结果率、种子数及种子发芽率为判断指标研究不同杂交组合的亲合性及授粉方式的可行性。结果表明, 杂交组合亲和性越高, 花粉管生长越好; 授粉后 48 h 花粉管基本进入子房的品种具有杂交结果能力; 在 5 个杂交组合中, L81 与赤茄杂交亲和性最高, 结果率为 63.33%, 种子发芽率为 94.54%, 其他杂交组合种子不能发芽; 3 种授粉方式中, 重复授粉处理后杂交结果率及种子发芽率最高, 花柱短截及混合授粉不能提高其坐果率及发芽率; 杂交获得了 L81 与赤茄的杂交植株, 田间表型偏向父本性状; 筛选的 17 对 SSR 引物中, Q17 能够作为特异性引物鉴定杂交种, 结果表明杂交植株为 L81 × 赤茄的杂交种。

关键词:栽培茄; 赤茄; 杂交; 花粉管生长; SSR 分子鉴定

中图分类号:S641.103.6 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2020)23-0140-06

茄子 (*Solanum melongena* L.) 是世界上重要的蔬菜作物之一, 具有很高的食用价值及药用价值, 具有丰富的茄碱、维生素 P、花青素等物质^[1]。随着

集约化生产及设施栽培的不断推广, 在茄子生产栽培中连作障碍、环境污染等问题日益严重, 因此开发抗性强的茄子新品种, 是解决这些生产问题的关键。杂交是新品种创制常用手段, 杂交可将不同亲本中的基因进行重组, 人工筛选符合育种目标的材料。

赤茄 (*Solanum integrifolium* Pro.) 中具有抵抗青枯病^[2]、褐纹病^[3]、枯萎病^[4]、根结线虫^[5]、低温^[6]等生物胁迫及非生物胁迫的基因。通过赤茄及栽培茄之间的杂交可以将赤茄中优良的抗性基因转

收稿日期: 2020-03-03

基金项目: 国家自然科学基金 (编号: 31972395); 扬州大学研究生科研创新项目 (编号: XKYCX19-112)。

作者简介: 薛金燕 (1995—), 女, 江苏无锡人, 硕士研究生, 主要从事蔬菜分子育种研究。E-mail: 870181722@qq.com。

通信作者: 杨 旭, 博士, 副教授, 主要从事蔬菜遗传育种与生物技术研究。E-mail: yangxu@yzu.edu.cn。

第 1 次调查时, 病情指数差异不显著, 说明施用菌肥对黄瓜霜霉病发病初期控制效果不明显。在第 2 次调查时, A、B、C、D 各处理病情指数虽然有明显差异, 但同样施用菌肥的 C、D 处理, 与 A、B 处理相比, 病情轻重与施用菌肥关系不密切, 与施用肥料量有关, 即施用 70% 肥料对黄瓜霜霉病有控病作用, 高或低都有可能使病害加重。施用 100% 肥料的黄瓜口感不如对照和施用 70%、50% 肥料配套施用菌肥处理, 说明减肥 30% 以上或配套施菌肥对黄瓜口感有一定的改善。综合分析试验结果, 在试验地土壤肥力下, 减肥 30% 配套施用菌肥, 可实现黄瓜不减产、霜霉病发生不加重、黄瓜口感比较好。有必要在今后进一步开展试验, 探寻施用菌肥更有效经济的方法。

参考文献:

- [1] 江苏省统计局, 等. 江苏省农村统计年鉴 2017[M]. 南京: 江苏省统计局, 2018.
- [2] 芦 睿, 程秀洲, 胡俊龙, 等. 2017 年潢川县农户化肥使用量调查报告[J]. 现代农业科技, 2018(23): 193-195.
- [3] 王 海, 席运官, 陈瑞冰, 等. 太湖地区肥料、农药过量施用调查研究[J]. 农业环境与发展, 2009, 26(3): 10-15.
- [4] Verzera A, Dima G, Tripodi Q, et al. Aroma and sensory quality of honeydew melon fruits (*Cucumis melo* L. subsp. *melo* var. *inodorus* H. Jacq.) in relation to different rootstocks [J]. *Scientia Horticulturae*, 2014, 169(11): 118-124.
- [5] 刘春香, 何启伟, 孟静静. 黄瓜感官检验与主要芳香物质、可溶性糖的相关关系[J]. 中国蔬菜, 2005(1): 8-10.
- [6] 郑 秀, 成金桃, 王忠全, 等. 不同南瓜砧木嫁接对黄瓜植株生长、产量和果实品质的影响[J]. 中国瓜菜, 2019, 32(11): 22-26.

移到栽培茄中,丰富栽培茄的遗传多样性,为育种工作创造新的优良种质资源。

赤茄与栽培茄杂交存在生殖隔离,在前人的研究中,赤茄与栽培茄杂交后结果率低,种子数少,其 F_1 代没有育性^[7]。为解决生殖隔离,杂交种的培育技术在不断地发展完善,Iwamoto等通过细胞融合获得了四倍体杂交种^[8-11];Verba等利用杂交及胚拯救获得了杂交种^[12]。

此外,通过不同的杂交技术处理可以提高远缘杂交的成功率,景士西提出在同一母本花的花蕾期、开放期、即将凋谢期进行多次重复授粉,可以提高受精结实率^[13];李润根利用花柱短截提高了百合种间杂交坐果率^[14];刘青林利用无活力的花粉作为

蒙导花粉,掺入有活力的花粉进行杂交,发现花粉蒙导提高了杂交结实率^[15]。本研究通过5种栽培茄作母本与赤茄进行杂交,运用不同的杂交方式,比较不同杂交方式对赤茄与栽培茄杂交亲和性的影响;得到的杂交植株通过田间表型鉴定及SSR分子标记鉴定进行鉴定。

1 材料与方法

1.1 植物材料

供试母本5种栽培茄与父本赤茄均由扬州大学园艺植物保护学院课题组收集纯化而来,于2019年春季栽植于扬州大学试验苗圃基地(118.19°E、33.916°N)(表1)。

表1 5份栽培茄材料及赤茄的基本情况

材料编号	材料名称	拉丁名	叶片性状	果实性状	材料来源
L81	精选紫红茄	<i>S. melongena</i>	偶有刺,紫绿	长卵形,紫色	四川绵阳
L171	鹰嘴长茄	<i>S. melongena</i>	无刺,紫绿	长棒形,紫黑色	浙江
L106	苏州牛角	<i>S. melongena</i>	偶有刺,紫绿	羊角形,紫黑色	江苏
L108	眉州墨茄	<i>S. melongena</i>	无刺,紫绿	长棒形,紫色条纹	眉州
L51	黑马墨茄	<i>S. melongena</i>	偶有刺,深绿	长棒形,黑色	四川
C	赤茄	<i>S. integrifolium</i>	多刺,多绒毛,紫绿	卵圆形,绿色	云南

1.2 杂交方法

以5份栽培茄为母本、赤茄为父本进行杂交试验。开花前1d去雄,并进行绑线处理,开花当天08:00—10:00进行授粉,授粉前柱头涂抹453 mg/L槲皮素溶液,用镊子挑取刚采下的花药中的花粉进行授粉。授粉后20d统计结果率,授粉后70d统计种子数。

不同授粉处理方式:重复授粉(连续授粉3d)、花粉管短截(第1天正常授粉,第2、3天每天截去1/2柱头后授粉)、混合授粉(将失活的母本花粉与正常的赤茄花粉1:1混合后进行授粉,连续3d)。授粉前均先使用453 mg/L槲皮素溶液涂抹柱头。

1.3 花粉管生长观察

摘取一次授粉后0、0.5、1、2、4、8、12、24、48、96h的花,快速放入卡诺氏固定液(95%乙醇:冰醋酸=3:1(V/V))固定12h,于4℃冰箱保存过夜后放入320 g/L NaOH溶液中软化1h后用蒸馏水重洗干净,随后放入0.1%苯胺蓝磷酸溶液(pH值为8.5)中染色12h,甘油压片,用Olympus荧光显微镜紫外观察并拍照。

1.4 杂种真实性鉴定

1.4.1 田间表型鉴定 参照李锡香等《茄子种质

资源描述规范和数据标准》^[16],对杂种植株与其父母本的叶色、叶刺、花、果实等田间表型进行对比,确定杂交植株的真实性。

1.4.2 SSR分子鉴定 茄子全基因组DNA采用北京全式金植物基因组DNA抽提试剂盒进行提取,具体步骤参照说明书。所提DNA检测采用1.0%琼脂糖凝胶电泳检测的方法。在前期研究的基础上选取17对引物进行SSR分子鉴定,引物序列见表2。SSR反应体系参照杨旭等的方法^[17],采用10 μL反应体系:6.7 μL ddH₂O + 1.0 μL 10 × Buffer + 1.0 μL DNA模板 + 1.0 μL 引物 + 0.2 μL dNTPs + 0.1 μL rTaq聚合酶。扩增程序:95℃预变性3 min;95℃变性30 s,55~60℃退火30 s,72℃延伸45 s,35个循环;72℃充分延伸10 min,4℃保存。取扩增后产物2 μL和0.4 μL 6 × Loading Buffer混合点样于6%非变性聚丙烯酰胺凝胶上,进行电泳检测,以DL700 DNA Maker为对照。电泳条件:150 V恒压1.5 h。使用银染法进行胶片观察。

2 结果与分析

2.1 不同杂交组合花粉管生长状态

由图1、图2可知,5个杂交组合杂交后其花粉

表2 17 对有多态性的 SSR 引物序列

引物	正向序列(5'→3')	反向序列(3'→5')
Q1	ACAAGAATCGGTCTCTTTGCGATGTG	GTTTGTCTTTTCACCTCTCCGCTATCTC
Q2	ATTGTGTCGATGAGATTTTGGTCA	GTTTAGCTACGTTGGTTTGGTGCTGAA
Q3	ACAGAACAATTCACCAGCAGTCAA	AGGAACAGGGAAAAATCGTATCGGT
Q4	CCCTCTTCTTTTGTGACCTGTCGT	TTCACGAAATCTGGTGCAGATCAT
Q5	TAGAGGAGGAGGCAAGTGCAAATC	TCTTCGCTACTATCCAGAGCTCCA
Q6	ATAAATCCACCAGACCAGCAAAAC	GTTTCAGTTATCCCCCTTCTGTTCCCTC
Q7	ATGTGTGAACTCAAATGGAAGGGA	GTTTCGAATTGCTTTTTTGGTGCATGTAG
Q8	AGAAGAGAGATGCAGAACCCTG	CTGCTGCATACCTCCCATGTTA
Q9	GCTTCTCTCTCTCTGACTCTAC	GAGGTGATTTTGACTCTGATGGA
Q10	ATTTGGGTTCTAGCACAAATTA	TTGTTACAGAGAAATGAAAGTGCC
Q11	TGGATTTGGACTATAACCACCAC	CCATGTAATCTACCATCTCCTCC
Q12	GAGATTCATCGATGCTGTCTGAT	ACATAGTGAGTATGCGTCAAACG
Q13	GAGATTCATCGATGCTGTCTGAT	ACATAGTGAGTATGCGTCAAACG
Q14	GAGATTCATCGATGCTGTCTGA	ACAGGGACATAGTGAATGCGT
Q15	AATAACACCTCTTTGCCCTTCTCC	AGGCTAAAGGCTTCTTTGAACTC
Q16	AATAACACCTCTTTGCCCTTCTCC	TGTCAAAGAGGCTAAAGGCTTC
Q17	ACCCTCAAGACACAAGAAAAATG	TGTTTATGAGTTTTTGTACCCT

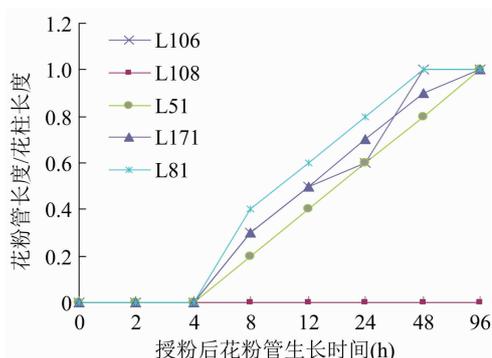
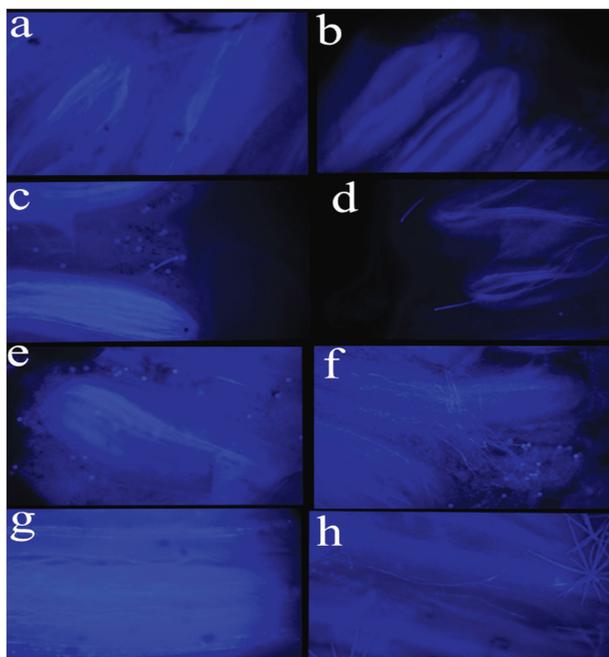


图1 5种栽培茄与赤茄杂交后花粉管生长状态

管生长状态不同,除 L108 外,其他 4 个品种的柱头授粉后,在 4 h 时能看到明显的花粉附着,8 h 时萌发出花粉管扎入花柱,48 h 时基本到达花柱基部进入子房,96 h 时全部到达子房。L108 柱头授粉后在 8 h 时发现花粉附着,但全程未有扎入花柱的花粉管。L106、L51、L171 及 L81 花柱授粉后,花粉管生长速度不同,L81 花柱中花粉管生长速度最快,L106 次之,L51 最慢,花粉在花柱中的生长速度与杂交组合杂交亲和性分析一致。由此可见,花粉管在花柱中的发育状态是判断杂交组合亲和性的指标之一。

2.2 不同授粉方式下杂交亲和性

由表 3 可知,不同杂交组合亲和性不同,L81 × C 杂交结果率最高,为 63.33%,获得的 165 粒种子中 94.54% 能正常发芽,因此 L81 × C 杂交亲和性最高;L106 × C 杂交结果率较高,为 26.67%,获得的 27 粒种子不能正常发芽;L51 × C 杂交结果率为



a—L108×C 授粉后 4 h; b—L108×C 授粉后 8 h; c—L108×C 授粉后 12 h; d—L108×C 授粉后 48 h; e—L81×C 授粉后 4 h; f—L81×C 授粉后 8 h; g—L81×C 授粉后 12 h; h—L81×C 授粉后 48 h

图2 L81 × C 及 L108 × C 花粉管伸长情况

13.33%,仅获得 7 粒种子且不能正常发芽;L171 × C 结果率为 6.67%,但获得 29 粒种子,种子不能正常发芽;L108 × C 杂交亲和性最低,没有获得果实。由此可见,栽培茄与赤茄杂交可能存在 2 个阶段的杂交障碍,第 1 阶段为受精阶段,此阶段的受精效果决定最终的杂交结果率;第 2 阶段为胚胎发育阶段,此阶段胚胎发育的效果决定了杂交的结子数及发

表3 5个杂交组合杂交亲和性

杂交组合	授粉数 (个)	结果数 (个)	结果率 (%)	种子数 (粒)	发芽率 (%)
L106 × C	90	24	26.67	27	0
L108 × C	90	0	0	0	0
L51 × C	90	12	13.33	7	0
L171 × C	90	6	6.67	29	0
L81 × C	90	57	63.33	165	94.54

芽率。基因型是决定杂交成功率的决定因素。

由表4可知,花柱短截不能提高杂交的亲合性,其杂交结果率最低,为18.00%,结籽数为67粒,种子发芽率仅为40.30%;混合授粉与重复授粉结果率一致,但混合授粉后种子数比重重复授粉少49粒,发芽率降低1.57个百分点。由此可见,3个杂交处理方式中,重复授粉为最适宜栽培茄与赤茄的杂交处理方式,混合授粉的效果低于重复授粉,可能由于混合授粉降低了赤茄花粉浓度,花柱短截效果不佳,可能由于花柱短截对柱头造成伤害,导致花柱产生抵抗物质,降低了授粉效率。

表4 不同授粉处理的作用效果

授粉处理方式	授粉数 (个)	结果数 (个)	结果率 (%)	种子数 (粒)	发芽率 (%)
重复授粉	150	31	20.67	100	80.00
花柱短截	150	27	18.00	67	40.30
混合授粉	150	31	20.67	51	78.43

由表5可知,不同授粉处理方式对同一杂交组合的作用效果不同。在L106 × C中,重复授粉作用效果最好,授粉后杂交结果率及结籽数均为3种处理方式中最高,结果率为33.33%,获得16粒种子;混合授粉后结果率较重复授粉后结果率下降6.66个百分点,未获得种子;花柱短截后较重复授粉后结果率下降13.33个百分点,获得种子数少5粒;此杂交组合未能获得可育种子。在L108 × C中,3种授粉处理方式均不能正常结果。在L51 × C中,花柱短截后结果率最高,为30.00%,比重重复授粉后高26.67个百分点;花柱短截后此杂交组合结果率比混合授粉后高23.33个百分点,混合授粉后获得7粒种子,但种子不能发芽。在L171 × C中,混合授粉后杂交结果率最高,为16.67%,但未获得种子,杂交结果率比花柱短截高13.34个百分点,花柱短截后获得了29粒种子,但种子未能发芽;重复授粉后未能结果。在L81 × C中,重复授粉作用效果最好,授粉后结果率为66.67%,获得84粒种子,种子发芽率为95.24%;

混合授粉后结果率、种子数及种子发芽率均下降,结果率下降13.34个百分点,获得种子数下降40粒,种子发芽率下降4.34个百分点;花柱短截后结果率及种子数均为3种授粉处理方式下最低,结果率为36.67%、种子数为27粒,但种子发芽率为100.00%。

表5 利用不同授粉处理方式授粉后5个杂交组合的亲合性

杂交组合	授粉处理 方式	授粉数 (个)	结果数 (个)	结果率 (%)	种子数 (粒)	发芽率 (%)
L106 × C	重复授粉	30	10	33.33	16	0
L108 × C	重复授粉	30	0	0	0	0
L51 × C	重复授粉	30	1	3.33	0	0
L171 × C	重复授粉	30	0	0	0	0
L81 × C	重复授粉	30	20	66.67	84	95.24
L106 × C	花柱短截	30	6	20.00	11	0
L108 × C	花柱短截	30	0	0	0	0
L51 × C	花柱短截	30	9	30.00	0	0
L171 × C	花柱短截	30	1	3.33	29	0
L81 × C	花柱短截	30	11	36.67	27	100.00
L106 × C	混合授粉	30	8	26.67	0	0
L108 × C	混合授粉	30	0	0	0	0
L51 × C	混合授粉	30	2	6.67	7	0
L171 × C	混合授粉	30	5	16.67	0	0
L81 × C	混合授粉	30	16	53.33	44	90.90

相同授粉处理方式对不同杂交组合的作用效果不同。使用重复授粉后,L81 × C杂交结果率、种子数及发芽率均最高;L106 × C杂交后结果率、结籽数次之;L51 × C杂交后能够结果,但结果率低,授粉后只获得1个果实,未获得种子;L108 × C、L171 × C杂交后没有结果。使用花柱短截后,L81 × C杂交结果率为36.67%,获得27粒可育种子;L51 × C杂交结果率为30.00%,但未获得种子;L106 × C杂交结果率为20.00%,却获得11粒种子;L171 × C结果率为3.33%,但获得29粒种子,为5种杂交组合中最多,种子未能发芽。使用混合授粉方式下,L81 × C杂交结果率最高,为53.33%,获得的44粒种子中90.90%可育;L106 × C及L171 × C杂交结果率次之,结果率分别为26.67%、16.67%,但未能获得种子;L51杂交结果率为6.67%,但获得7粒形态完整的种子,种子未能发芽。

综上所述,基因型为影响栽培茄与赤茄杂交亲和性的重要因素,改变授粉处理方式不能克服不亲和组合的杂交障碍,仅能在某种程度上改变较亲和组合的结果率及种子获得数。

2.3 杂交植株鉴定

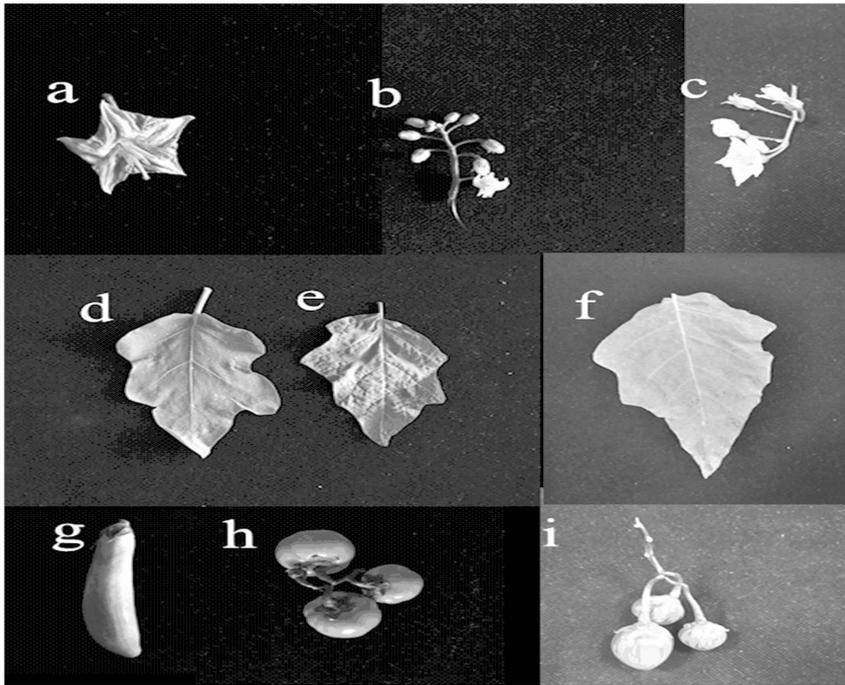
2.3.1 田间表型鉴定 将L81 × C获得的F₁与其

父母本进行田间表型对比,结果表明: F_1 植株田间表型具有双亲特征,叶面积大于父母本,叶色、叶脉色、叶刺、花冠色、花序及商品果色偏向父本赤茄,花瓣色及果形为中间值,该杂交组合能够正常结果,但未获得种子。根据田间表型鉴定该杂交植株为 $L81 \times C$ 的杂交种(表6、图3)。

2.3.2 SSR 分子鉴定 为检测获得的 $L81 \times C$ 杂交植株的真实性,选取 17 对随机引物对获得的 3 株杂种幼苗进行 PCR 扩增。根据凝胶电泳银染结果,能够对杂交种真实性鉴定的引物是 Q17, Q17 在 $L81$ 及赤茄中存在特异性。图4为引物 Q17 对双

表6 F_1 与其父母本形态比较

性状	特征		
	L81	赤茄	F_1
叶色	绿	绿	绿
叶脉色	淡紫	绿	绿
叶刺	无	少	少
花冠色	淡紫	绿	绿
花瓣色	紫	白	淡紫
花序	多单生	全簇生	全簇生
果型	羊角型	卵圆型	椭圆型
商品果色	紫	绿	绿

a—L81 花; b—赤茄花; c— $L81 \times C$ 花; d—L81 叶; e—赤茄叶; f— $L81 \times C$ 叶; g—L81 果; h—赤茄果; i— $L81 \times C$ 果图3 $L81 \times C$ 、 $L81$ 及赤茄形态

亲、 F_1 杂种植株扩增产物和酶切产物电泳银染检测结果,可以看出, F_1 植株继承了赤茄的特征谱带, $L81$ 植株在该引物下未产生条带,说明再生植株不是由栽培茄自交产生,为 $L81 \times C$ 的杂交种,由此可知,本试验所鉴定的杂种植株为 $L81 \times C$ 杂交种。

3 结论与讨论

杂交能够将赤茄的抗性基因转移至栽培茄中,丰富栽培茄的遗传多样性,为茄子育种提供重要的研究材料。当使用栽培茄作父本、野生茄作母本时不能正常结果,而当野生茄作父本时,能够获得正常果实^[18]。本试验以 5 种栽培茄作母本、赤茄作父本进行杂交亲和性分析及杂交种鉴定,研究结果如

下:(1)基因型是影响杂交亲和性的决定因素,需要筛选大量的杂交组合来创制远缘杂交种,此结果与 Çürük 等的结论^[19-20]一致。(2)授粉后,父本花粉在 $L81$ 、 $L51$ 、 $L106$ 及 $L171$ 4 个栽培种柱头上萌发良好,伸长速度快,48 h 基本进入子房,在 $L108$ 栽培种柱头上无法萌发。此现象可能是由于不亲和品种母本柱头抑制类分泌物的产生阻止了花粉管的萌发^[21]。(3)3 种杂交处理方式的作用效果为重复授粉 > 混合授粉 > 花柱短截,此结果与贺丹等的研究结果^[22]一致。但是也有人认为,花柱短截能够提高杂交的亲和性^[14,21],造成结果差异的原因可能是基因型差异。(4)获得了 $L81$ 与赤茄的杂交植株,其余杂交植株没有获得可育种子,此结果与 Devi 等

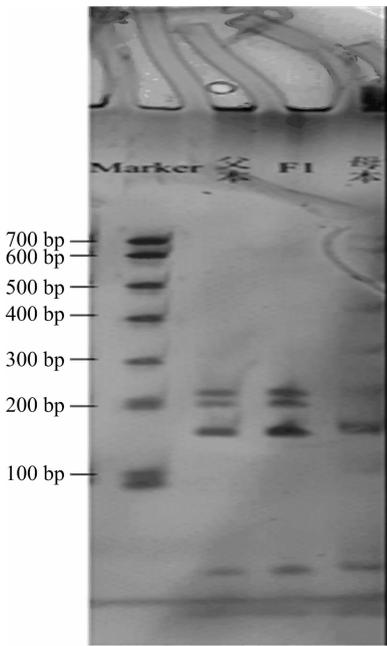


图4 引物 Q17 对茄子扩增的结果

的研究结果^[7]一致,其获得的杂交果实也没有可育种子,而 Verba 等则获得了未发育完全的种子,通过胚挽救获得了杂交种植株^[12]。(5)杂交种进行田间表型鉴定及 SSR 分子鉴定结果表明,L81 与赤茄的杂种田间表型偏向父本赤茄,主要表现在叶色、叶脉色、叶刺、花冠色、花序、商品果色上;在花色、果形上表现出中间特征,此结果可能与野生茄中的性状多由显性基因控制有关,与柳李旺等在茄子远缘杂交研究中获得的结论^[23-24]相似。从 17 对引物中筛选出 Q17,Q17 在赤茄与 L81 上具有特异性,并且通过鉴定证实所得杂交种为赤茄与 L81 杂交种。

参考文献:

[1] San José R, Sánchez - Mata M C, Cámara M, et al. Eggplant fruit composition as affected by the cultivation environment and genetic constitution [J]. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 2014, 94(13): 2774 - 2784.

[2] 赵曾菁. 茄子砧木种质资源对青枯病的抗性 & 雄性不育特性的研究 [D]. 南宁: 广西大学, 2016.

[3] 谢艳华, 苏志强, 曹学文. 不同砧木嫁接对茄子生长及抗褐纹病的影响 [J]. *广东农业科学*, 2014, 41(15): 29 - 32.

[4] 吴丽艳, 郭志祥, 曾 莉, 等. 云南野生茄资源黄萎病苗期人工接种抗性鉴定分析 [J]. *植物遗传资源学报*, 2017, 18(6): 1046 - 1054.

[5] 徐小明, 于 芹, 徐 坤, 等. 南方根结线虫侵染对茄子砧木幼苗根系活性氧代谢及相关酶活性的影响 [J]. *园艺学报*, 2008, 35(12): 1767 - 1772.

[6] 张晓艳, 徐 坤. 低温弱光条件下砧穗互作对茄子嫁接苗抗冷性的影响 [J]. *中国农业科学*, 2009, 42(10): 3734 - 3740.

[7] Devi C P, Munshi A D, Behera T K, et al. Cross compatibility in interspecific hybridization of eggplant, *Solanum melongena*, with its wild relatives [J]. *Scientia Horticulturae*, 2015, 193: 353 - 358.

[8] Iwamoto Y, Hirai M, Ohmido N, et al. Fertile somatic hybrids between *Solanum integrifolium* and *S. sanitwongsei* (syn. *S. kurzii*) as candidates for bacterial wilt - resistant rootstock of eggplant [J]. *Plant Biotechnology*, 2007, 24(2): 179 - 184.

[9] Rotino G L, Sihachakr D, Rizza F, et al. Current status in production and utilization of dihaploids from somatic hybrids between eggplant (*Solanum melongena* L.) and its wild relatives [J]. *Acta Physiologiae Plantarum*, 2005, 27(4): 723 - 733.

[10] Tamura N, Murata Y, Mukaiharu T. A somatic hybrid between *Solanum integrifolium* and *Solanum violaceum* that is resistant to bacterial wilt caused by *Ralstonia solanacearum* [J]. *Plant Cell Reports*, 2002, 21(4): 353 - 358.

[11] Isshiki S, Okubo H, Fujieda K. Segregation of isozymes in selfed progenies of a synthetic amphidiploid between *Solanum integrifolium* and *S. melongena* [J]. *Euphytica*, 2000, 112(1): 9 - 14.

[12] Verba V M, Mamedov M I, Pyshnaya O N, et al. Isolation of eggplant interspecific hybrids by the method of embryo culture [J]. *Sel' skokhozyaistvennaya Biologiya [Agricultural Biology]*, 2010(5): 66 - 71.

[13] 景士西. 园艺植物育种学总论 [M]. 北京: 中国农业出版社, 2000.

[14] 李润根. 不同授粉方式对食用百合种间杂交结实的影响 [J]. *江苏农业科学*, 2017, 45(21): 140 - 142.

[15] 刘青林. 梅花远缘杂交与杂种无性系的研究 [D]. 北京: 北京林业大学, 1996: 1 - 5.

[16] 李锡香, 朱德蔚. 茄子种质资源描述规范和数据标准 [M]. 北京: 中国农业出版社, 2006.

[17] 杨 旭, 刘 飞, 霍秋月, 等. SSR 分子标记鉴定栽培茄与野生茄杂种 F₁ 研究 [J]. *东北农业大学学报*, 2017, 48(10): 20 - 27.

[18] Rattan P, Kumar S, Salgotra R K, et al. Development of interspecific F₁ hybrids (*Solanum melongena* × *Solanum khasianum*) in eggplant through embryo rescue technique [J]. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture*, 2015, 120(1): 379 - 386.

[19] Çürük S, Dayan A. Production of diploid and amphidiploid interspecific hybrids of eggplant and *Solanum torvum*, and pollen fertility [J]. *Journal of Animal & Plant Sciences*, 2018, 28(5): 1485 - 1492.

[20] 霍秋月. 茄子种间杂交及其 F₁ 代花药培养 [D]. 扬州: 扬州大学, 2017.

[21] 郭玉洁, 杨会娟, 曹 宇, 等. 山丹与几种百合的杂交 & 花粉管生长荧光观察 [J]. *江苏农业科学*, 2018, 46(14): 116 - 120.

[22] 贺 丹, 张佼蕊, 何松林, 等. 授粉方式对牡丹和芍药远缘杂交受精前障碍的影响 [J]. *西北农林科技大学学报(自然科学版)*, 2020, 48(3): 99 - 106.

[23] 柳李旺, 龚义琴, 汪隆植, 等. 栽培茄与红茄种间杂交及其杂种的特性分析 [J]. *南京农业大学学报*, 2004, 27(1): 6 - 10.

[24] 谢文刚, 张新全, 陈永霞. 鸭茅杂交种的 SSR 分子标记鉴定及其遗传变异分析 [J]. *草业学报*, 2010, 19(2): 212 - 217.