

辣椒属种间杂交及杂种鉴定研究

程志芳¹, 钱春桃¹, 陈学军^{1, 2}, 陈劲枫^{1*}

(¹作物遗传与种质创新国家重点实验室, 南京农业大学园艺学院, 南京 210095; ²江西省农业科学院蔬菜花卉研究所, 南昌 330200)

摘要: 通过辣椒属 5 个栽培种 (*Capsicum annuum*, *C. chinense*, *C. frutescens*, *C. baccatum* 和 *C. pubescens*) 种间正反杂交试验, 获得了 3 株 *C. baccatum* × *C. chinense* (H_{bc}) 和 7 株 *C. annuum* × *C. chinense* (H_{ac}) 种间杂种植株。除 H_{ac-7} 单株表型异常外, 其他杂种 F₁ 植株均生长正常。H_{ac}、H_{bc} 花粉可染率分别为 13.9% 和 23.8%, 显著低于其双亲。同一组合内单株间花粉育性、形态性状和同工酶电泳图谱表现一致, 形态学观察和过氧化物同工酶电泳分析结果均验证了种间杂种的真实性。

关键词: 辣椒; 种间杂种; 过氧化物酶

中图分类号: S 641.3 文献标识码: A 文章编号: 0513-353X (2007) 04-0883-06

Interspecific Hybridization and Identification of Hybrid in *Capsicum*

CHENG Zhi-fang¹, QIAN Chun-tao¹, CHEN Xue-jun^{1, 2}, and CHEN Jin-feng^{1*}

(¹State Key Laboratory of Crop Genetics and Germplasm Enhancement, College of Horticulture, Nanjing Agricultural University, Nanjing 210095, China; ²Institute of Vegetable and Flower, Jiangxi Academy of Agricultural Sciences, Nanchang 330200, China)

Abstract: Three hybrid plants from the combination of *Capsicum baccatum* × *C. chinense* (H_{bc}) and seven hybrid plants of *C. annuum* × *C. chinense* (H_{ac}) were obtained through reciprocal interspecific hybridizations among the five cultivated species *C. annuum*, *C. chinense*, *C. frutescens*, *C. baccatum*, and *C. pubescens*. Except for the H_{ac-7} which exhibited virus-like symptoms, all the other hybrid plants grew normally. The pollen stainability percentages of H_{ac} and H_{bc} were 13.9% and 23.8%, respectively, and were significantly lower than those of their corresponding parents. The pollen stainability percentage, morphological characters and band patterns of isozyme in the hybrid plants were identical within each combination. The nature of hybrid was confirmed by morphological characteristics and isozyme (peroxidase) analysis.

Key words: *Capsicum*; Interspecific hybrid; Peroxidase isozyme

辣椒属 (*Capsicum*) 蔬菜作物包括 *C. annuum*、*C. chinense*、*C. frutescens*、*C. baccatum* 和 *C. pubescens* 等 5 个栽培种 (de Witt & Bosland, 1993), 其中一年生辣椒 (*C. annuum*) 是栽培最广泛、类型最丰富的种 (Tanksley & Iglesias-Olivas, 1984), 我国现有栽培辣椒大多数都属于这个种。由于长期较高的人工选择压力, *C. annuum* 遗传基础已渐趋狭窄。近年来, 我国辣椒因病毒病和疫病造成的减产幅度高达 30% ~ 70%, 甚至绝收。因此, 如何有效利用辣椒属种间有益基因, 拓展 *C. annuum* 遗传基础, 已成为当今辣椒育种的重要课题。

C. baccatum、*C. chinense*、*C. frutescens* 和 *C. pubescens* 具有许多优异性状, 如对烟草花叶病毒 (TMV)、黄瓜花叶病毒 (CMV) 和疫病的抗性 (邹学校, 2002)、耐寒性等, 是改良 *C. annuum* 的重要资源。种间杂交是实现基因转移的重要途径, 但有关辣椒属种间杂交的研究主要集中于杂种的细

收稿日期: 2007 - 01 - 12; 修回日期: 2007 - 04 - 27

基金项目: 作物遗传与种质创新国家重点实验室开放课题资助项目 (ZW2004014)

* 通讯作者 Author for correspondence (E-mail: jfchen@njau.edu.cn)

胞遗传学观察 (Egawa & Tanaka, 1984; 吴鹤鸣 等, 1997) 和遗传作图 (Rao et al, 2003) 等方面, 通过种间杂交转移有益基因对 *C. annuum* 进行遗传改良和种质创新的研究甚少, 尚未见 *C. baccatum* 与 *C. chinense* 之间成功杂交的报道。本研究以辣椒属 5 个栽培种为试材, 开展种间正反杂交试验, 旨在探究 5 个栽培种种间杂交亲和性, 获得种间杂种, 为有益基因的利用和新材料的创制奠定基础。

1 材料与方 法

1.1 材 料

供试材料及其特征见表 1, 其中 B₉₄₃₁ 是始花节位为 1~2 节的特早熟自交系, 丰产优质、适鲜食, 但易感病毒病和疫病; PD41679 (*C. baccatum*) 和 P439487 (*C. chinense*) 是引自美国的两个抗病中晚熟材料。

表 1 供试材料名称及其种、来源和特征

Table 1 The name, species, source and characters of the tested materials

材料名称 Name	种 Species	来源 Source	特征 Characters
B ₉₄₃₁	<i>C. annuum</i>	中国江西 Jiangxi, China	特早熟自交系, 易感病毒病和疫病 (<i>Phytophthora capsici</i>) Very early ripening inbred line, sensitive to virus disease and <i>Phytophthora</i> blight (<i>Phytophthora capsici</i>)
PD41679	<i>C. baccatum</i>	美国 USA*	抗烟草花叶病毒 (TMV)、黄瓜花叶病毒 (CMV) 和疫病 (<i>Phytophthora capsici</i>) Resistant to Tobacco Mosaic Virus (TMV), Cucumber Mosaic Virus (CMV) and <i>Phytophthora</i> blight
P439487	<i>C. chinense</i>	美国 USA*	抗 TMV Resistant to TMV
YN01	<i>C. frutescens</i>	中国云南 Yunnan, China	抗病病毒病和炭疽病 Resistant to virus disease and anthracnose
Grif1614	<i>C. pubescens</i>	美国 USA*	耐低温 Tolerant to low temperature

注: *由美国国家种质资源实验室提供。

Note: * Provided by National Germplasm Resource Laboratory, USA.

1.2 种间杂交及亲和性评价

2005 年夏在南京农业大学园艺学院试验园进行 5 个栽培种种间正反杂交, 每个组合至少杂交 10 朵花, 授粉后 60 d 左右收获老熟果实, 剥取种子晒干贮藏。随后根据能否获得正常可育杂种植株判断组合是否亲和。对于亲和的组合再将杂交坐果率、单果种子数及杂种种子萌发率作为评价亲和性强弱的指标。杂交授粉在晴天上午无昆虫的大棚内进行。为保证父本花粉的纯度, 在杂交前一天下午将父本次日要开放的花蕾用 2 cm × 1 cm 医用胶布粘住, 杂交时再取下这些花收集新鲜花粉。选取生长健壮的母亲本植株, 将开花前 1~2 d 的花蕾去雄, 然后小心授予父本的新鲜花粉。其中, 紫花种 (*C. pubescens*) 与白花种 (*C. annuum*, *C. chinense*, *C. frutescens* 和 *C. baccatum*) 间的杂交, 采用连续 3 d 重复授粉且在柱头和子房上涂抹 0.1 mg/mL 的 2,4-D 的方法促进坐果。

1.3 种间杂种鉴定

2006 年春将杂种种子采用常规方法 (屈臻喜 等, 2006) 分批催芽、播种。所获杂种植株与各自双亲共同定植于 29 cm × 31 cm 培养钵内, 采用泥炭 蛭石 砂 = 1 1 1 的基质, 浇施日本山崎配方甜椒营养液 (郭世荣, 2003)。

亲本和杂种分别随机选取 5 株进行形态学观察鉴定。形态学性状包括始花节位、每节花数、株高、株幅、叶形指数、花径、花色、花冠基部斑点有无、花药色、成熟期果色、果形指数和辣味等。辣味检测参照 Blum 等 (2002) 的方法进行; 叶形指数 = 叶长 / 叶宽; 果形指数 = 果长 / 果径。

采用 1% 醋酸洋红染色法 (张子学和孙峰, 2002) 检测花粉活力, 显微镜观察, 每个单株取 3 朵新鲜花, 每朵花观察 3~5 个视野, 统计花粉的平均可染率。分别调查统计亲本及杂种自交果实的平

均单果种子数。数据分析采用 SPSS 10.0 软件。

取盛花期即将开放的花蕾制备酶粗提液。样品与抽提液的重体积比为 1:3，抽提液为 0.1 mol/L 的 Tris-HCl 缓冲液 (pH 6.8)，内含 0.2% 的 β-巯基乙醇和 10% 的蔗糖。研磨匀浆后 5 000 r/min 离心 10 min，取上清酶液用做垂直平板聚丙烯酰胺凝胶电泳。分离胶浓度为 9%，浓缩胶浓度为 3%，电极缓冲液为 Tris-Gly 缓冲液 (pH 8.3)。每孔加样 20 μL，用溴酚蓝做前沿指示剂。在 4℃ 冰箱中电泳。电泳完毕，同工酶染色、酶谱迁移率计算均按何忠效和张树政 (1999) 的方法进行。相对迁移率 (Rf) = 酶带迁移距离 / 溴酚蓝迁移距离。

2 结果与分析

2.1 种间杂交亲合性

辣椒属 5 个栽培种 (*C. annuum*, *C. chinense*, *C. frutescens*, *C. baccatum*, *C. pubescens*) 种间杂交亲合性表现出一定差异 (图 1)。根据不亲和程度将其分为 4 类。(1) 杂交不坐果：如组合 *C. baccatum* × *C. frutescens*, *C. frutescens* × *C. baccatum*, *C. frutescens* × *C. chinense*, *C. frutescens* × *C. pubescens* 和以 *C. pubescens* 为母本与其他 4 个栽培种杂交的组合；(2) 杂交虽坐果，但不结籽：如以 *C. pubescens* 为父本，与 *C. chinense*, *C. annuum*, *C. baccatum* 为母本的所有组合；(3) 杂种胚败育，种子空秕，不萌发：如组合 *C. annuum* × *C. baccatum*；(4) 杂交可获得有胚种子，但不萌发：如组合 *C. chinense* × *C. baccatum*, *C. annuum* × *C. frutescens*, *C. frutescens* × *C. annuum*, *C. baccatum* × *C. annuum*, *C. chinense* × *C. frutescens*, *C. chinense* × *C. annuum*。

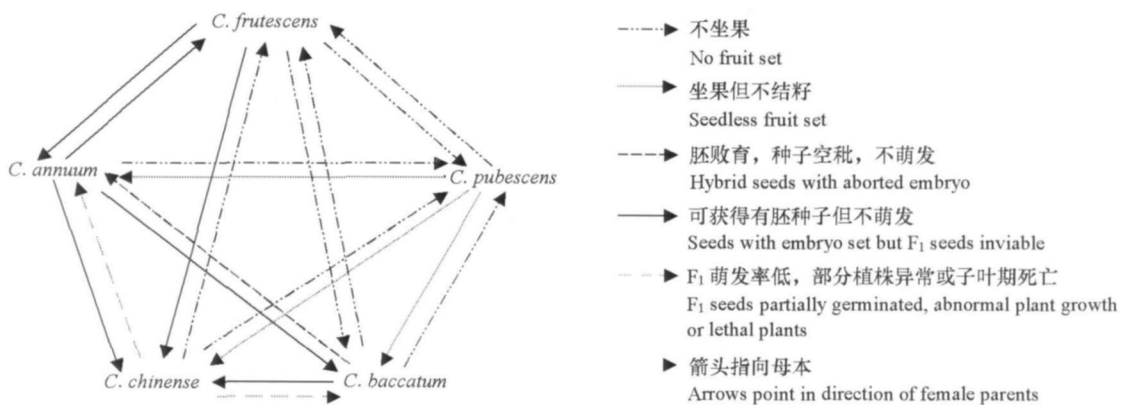


图 1 辣椒属栽培种间杂交亲和性

Fig. 1 Crossability in domesticated *Capsicum* species

组合 *C. baccatum* × *C. chinense* (H_{bc})、*C. annuum* × *C. chinense* (H_{ac}) 是亲和的，但 F_1 种子萌发率低。其中部分 H_{ac} 种子由于幼胚发育不完善致使部分幼苗在子叶期死亡，所以最终获得了 7 株 H_{ac} 植株和 3 株 H_{bc} 植株，且 H_{ac-7} 单株表现异常，出现类似病毒病症状，生长受到抑制，节间短，丝状叶。 H_{bc} 、 H_{ac} 的坐果率分别为 50% 和 10.5%；平均单果种子数分别为 5.4 和 27 粒；种子萌发率分别仅为 20% 和 61.5%。因此，*C. annuum* 与 *C. chinense* 的种间亲和性较 *C. baccatum* 与 *C. chinense* 的种间亲和性强。

2.2 种间杂种鉴定

2.2.1 植物学性状 所有 F_1 植株的植物学性状都与其双亲不同，初步表明它们是真杂种。依据植物学性状的差异，可将杂种分为 5 类 (表 2)。(1) 中间型：两组合杂种 F_1 的花数/节、花药色、果形指数、花径以及 H_{ac} 植株的始花节位、叶形指数、株高、株幅均介于双亲之间；(2) 杂种优势型 (杂

优型): H_{ac} 的单株结果数和 H_{bc} 株高、株幅、叶片大小(图3, A)明显大于双亲,表现出杂种优势;
 (3) 偏父型: H_{ac} 植株的花色(图2, B)、辣味及 H_{bc} 植株的始花节位、叶形指数、花冠基部斑点(图3, B)、辣味均偏向父本;
 (4) 偏母型: H_{ac} 植株的成熟期果色(图2, C)及 H_{bc} 植株的花色均偏向母本;
 (5) 特异型: 两组合 F_1 的单果质量和 H_{bc} 的单株结果数均显著低于亲本; H_{bc} 成熟期果色为红色,与其双亲(黄色和橙黄色)差异明显(图3, C)。另外,田间试验表明, $C. annuum \times C. chinense$ 和 $C. baccatum \times C. chinense$ F_1 植株在抗病性方面表现均好于 B_{9431} ($C. annuum$)。

表 2 亲本及种间 F_1 的植物学性状Table 2 Botanic characters of parents and their F_1

性状 Characters	B_{9431}	PD41679	PH39487	$B_{9431} \times$ PH39487	PD41679 \times PH39487	类型 Type
花数/节 Flowers/node	1.2 \pm 0.4	1.0 \pm 0.0	3.5 \pm 1.1	1.9 \pm 0.3	1.8 \pm 0.4	中间型 Intermediate
花药色 Anther colour	浅蓝色 Light blue	黄色 Yellow	浅紫色 Light purple	蓝紫色 Bluish purple	浅绿色 Light green	
果形指数 Fruit shape index	3.8 \pm 0.3	4.2 \pm 0.2	1.3 \pm 0.0	2.0 \pm 0.2	2.2 \pm 0.2	
花径 Flower diameter(cm)	2.1 \pm 0.1	2.6 \pm 0.0	1.8 \pm 0.1	1.9 \pm 0.1	2.3 \pm 0.1	
始花节位 Node of first flower	2.1 \pm 0.5		18.5 \pm 5.8	10 \pm 0.0		
叶形指数 Leaf shape index	3.0 \pm 0.1		1.8 \pm 0.0	2.1 \pm 0.1		
株高 Plant height(cm)	16.7 \pm 3.1		52.7 \pm 7.4	43.5 \pm 8.2		
株幅 Plant spread(cm)	60.7 \pm 6.7		78.7 \pm 10.0	70.5 \pm 12.9		
株高 Plant height(cm)		70.7 \pm 10.1	52.7 \pm 7.4		80.7 \pm 14.6	杂优型 Heterosis
株幅 Plant spread(cm)		81.7 \pm 10.4	78.7 \pm 10.0		121.7 \pm 27.5	
单株结果数 Number of fruit / plant	42.4 \pm 3.4		33.0 \pm 2.4	46.0 \pm 3.3		
花色 Flower colour	白色 White		浅绿色 Light green	浅绿色 Light green		偏父型 Close to male parent
始花节位 Node of first flower		10.8 \pm 1.3	18.5 \pm 5.8		16.0 \pm 1.0	
叶形指数 Leaf shape index		1.9 \pm 0.1	1.8 \pm 0.0		1.5 \pm 0.1	
花冠基部斑点 Corolla base spotting	无 No	离散黄斑 Discrete yellow	无 No	无 No	无 No	
辣味 Pungency	不辣 Not pungent	辣 Pungent	极辣 Very pungent	极辣 Very pungent	极辣 Very pungent	
成熟期果色 Mature fruit colour	红色 Red	黄色 Yellow		红色 Red		偏母型 Close to female parent
花色 Flower colour		白色 White	浅绿色 Light green		白色 White	
单果质量 Fruit mass (g)	11.2 \pm 2.2	8.8 \pm 0.7	10.4 \pm 0.8	4.8 \pm 1.9	2.9 \pm 0.4	特异型 Distinctive
单株结果数 Number of fruit / plant		30.8 \pm 2.3	33.0 \pm 2.4		5.3 \pm 1.5	
成熟期果色 Mature fruit colour		黄色 Yellow	橙黄色 Orange-yellow		红色 Red	

2.2.2 育性鉴定 亲本 $C. annuum$ B_{9431} 、 $C. chinense$ PH39487、 $C. baccatum$ PD41679的花粉可染率分别为 97.3%、92.7%和 97.7%。在杂种中,除 H_{ac-7} 单株花粉可染率为 0外,其余 6株 H_{ac} 和 H_{bc} 的平均花粉可染率分别仅为 13.9%和 23.8%; $C. annuum$ B_{9431} 、 $C. chinense$ PH39487、 $C. baccatum$ PD41679的自交平均单果种子数依次为 89.3、27.2、43.3,而 H_{ac} 的自交单果种子数仅为 7.6, H_{bc} 自交不坐果。因此, H_{ac} 和 H_{bc} 育性明显低于相应双亲,再次表明它们是真杂种。

2.2.3 过氧化物酶同工酶电泳分析 H_{ac} 所有植株的谱带都既有母本 $C. annuum$ B_{9431} 的两条特征带 ($R_f = 0.04$ 、 0.44),还有父本 $C. chinense$ PH39487的一条特征带 ($R_f = 0.08$)。在 H_{ac} 的植株中,只有单株 H_{ac-7} 稍有不同:未出现父本特征带 ($R_f = 0.08$)和一条母本特征带 ($R_f = 0.44$) (图4)。在另一组合中, H_{bc} 植株具有两条父本特征带 ($R_f = 0.12$ 、 0.18)和一条母本特征带 ($R_f = 0.05$) (图5)。因此, H_{ac} 植株和 H_{bc} 植株的过氧化物酶谱均为双亲‘互补型’,再次表明它们是真杂种。

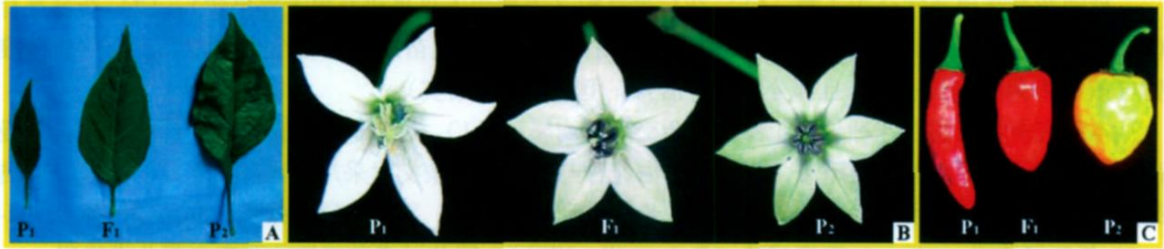


图 2 *C. annuum* B₉₄₃₁ (P₁), *C. chinense* PH39487 (P₂) 及其杂种 *C. annuum* × *C. chinense* (F₁) 的形态特征

Fig. 2 Morphological characters of *C. annuum* B₉₄₃₁ (P₁), *C. chinense* PH39487 (P₂) and their interspecific hybrid *C. annuum* × *C. chinense* (F₁)

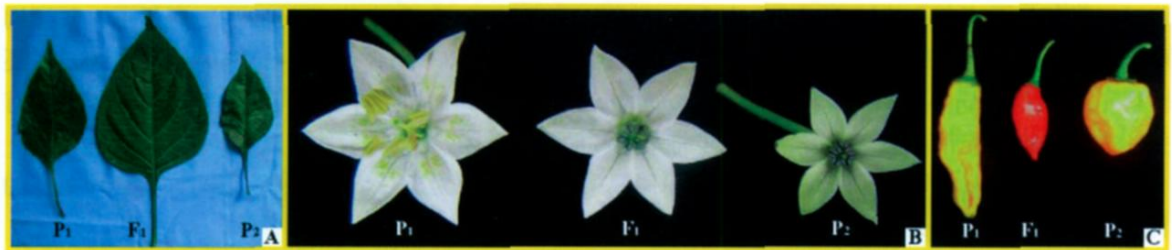


图 3 *C. baccatum* PD41679 (P₁), *C. chinense* PH39487 (P₂) 及其杂种 *C. baccatum* × *C. chinense* (F₁) 的形态特征

Fig. 3 Morphological characters of *C. baccatum* PD41679 (P₁), *C. chinense* PH39487 (P₂) and their interspecific hybrid *C. baccatum* × *C. chinense* (F₁)

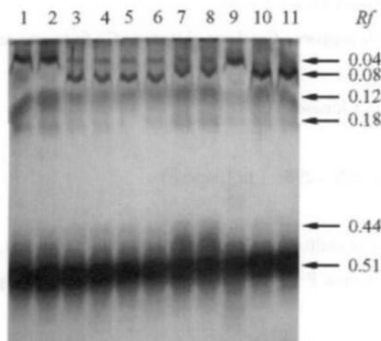


图 4 *C. annuum* × *C. chinense* 过氧化物酶电泳图谱

1, 2: *C. annuum* B₉₄₃₁; 3~9: H_{bc} 单株;
10, 11: *C. chinense* PH39487.

箭头表示已转移到杂种中的亲本特征带。

Fig. 4 Band patterns of peroxidase isozyme of *C. annuum* × *C. chinense*

1, 2: *C. annuum* B₉₄₃₁; 3 - 9: H_{bc} individual plants;
10, 11: *C. chinense* PH39487.

Arrows indicate specific bands transferred to the hybrids from parent

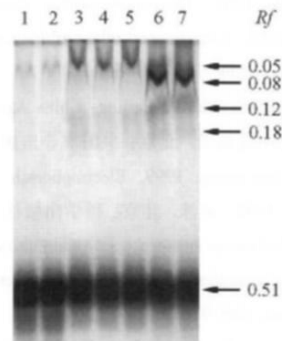


图 5 *C. baccatum* × *C. chinense* 过氧化物酶电泳图谱

1, 2: *C. baccatum* PD41679; 3~5: H_{bc} 单株;
6, 7: *C. chinense* PH39487.

箭头表示已转移到杂种中的亲本特征带。

Fig. 5 Band patterns of peroxidase isozyme of *C. baccatum* × *C. chinense*

1, 2: *C. baccatum* PD41679; 3 - 5: H_{bc} individual plants;
6, 7: *C. chinense* PH39487.

Arrows indicate specific bands transferred to the hybrids from parent

3 讨论

C. baccatum × *C. chinense* 杂种是本研究首次获得的种间杂种。将 *C. chinense* 作为“基因桥”，可把 *C. baccatum* 栽培种的优异基因导入 *C. annuum* 中。作者于 2006 年夏还进一步获得了 *C. annuum* × (*C. baccatum* × *C. chinense*) 三元杂种，为今后深入研究奠定了基础。

种间杂交障碍通常分为 3 类：(1) 杂交难交配 (表现为不坐果或获得无籽果实)；(2) 杂种难育 (表现为因杂种胚败育或发育不健全而种子不能萌发或虽萌发但苗期夭亡或生长异常)；(3) 杂种难稔 (表现为杂种生长正常，且部分配子有活力，但不能自交结实)。

本研究所涉及的白花种与紫花种间的杂交障碍均属第 (1) 类，推测可能是由于花粉管生长缓慢而未能受精。为了克服此类障碍，本研究在白花种与紫花种间杂交时采用了涂抹 2,4-D 的方法，但结果显示 2,4-D 仅促进了子房膨大，而未进一步促进受精和结籽。另外有研究报道，同源四倍体 *C. annuum* 与二倍体 *C. pubescens* 杂交成功 (Pickersgill, 1991)，因此可借助倍性的改变克服此类障碍。

而组合 *C. annuum* × *C. baccatum*、*C. chinense* × *C. baccatum*、*C. annuum* × *C. frutescens*、*C. frutescens* × *C. annuum*、*C. baccatum* × *C. annuum*、*C. chinense* × *C. frutescens*、*C. chinense* × *C. annuum*、*C. annuum* × *C. chinense* 的杂交障碍均属第 (2) 类。其中 H_{ac-7} 单株表现出生长受抑制，节间短，丝状叶，类似异常现象也曾被 Tanksley 和 Iglesias-Olivas (1984) 和 Pickersgill (1971) 所报道，其原因可能是种间核质互作所致 (Pickersgill, 1991)。国外 (Egawa & Tanaka, 1984; Rao et al, 2003) 还获得了组合 *C. annuum* × *C. baccatum*、*C. annuum* × *C. frutescens* 的杂种，这可能是与供试材料不同有关。为克服这类受精后杂交障碍，下一步将采用胚胎拯救技术。

组合 *C. baccatum* × *C. chinense* 的杂交障碍属第 (3) 类。为进一步提高所获得的种间杂种植株的育性，需采用多代回交等方法提高杂种利用效率。

References

- Blum E, Liu K, Mazourek M, Yoo E Y, Jahn M, Paran I 2002. Molecular mapping of the *C* locus for presence of pungency in *Capsicum*. *Genome*, 45: 702 - 705.
- de Witt D, Bosland P W. 1993. *The pepper garden*. Berkeley, California: Ten Speed Press: 5 - 10.
- Egawa Y, Tanaka M. 1984. Cytogenetical relationships among three species of chilli peppers, *Capsicum chinense*, *C. frutescens* and *C. baccatum*. *Japan Journal of Breeding*, 34: 50 - 56.
- Guo Shi-rong 2003. *Soilless culture*. Beijing: China Agricultural Press: 114. (in Chinese)
- 郭世荣. 2003. 无土栽培学. 北京: 中国农业出版社: 114.
- He Zhong-xiao, Zhang Shu-zheng 1999. *Electrophoresis*. Beijing: Science Press: 278 - 298. (in Chinese)
- 何忠效, 张树政. 1999. 电泳. 北京: 科学出版社: 278 - 298.
- Pickersgill B. 1971. Relationships between weedy and cultivated forms in some species of chilli peppers (genus *Capsicum*). *Evolution*, 25: 683 - 691.
- Pickersgill B. 1991. Cytogenetics and evolution of *Capsicum* L. In: Tsuchiya T, Gupta P K eds. *Chromosome engineering in plants: genetics, breeding, evolution, part B*. Amsterdam: Elsevier: 139 - 160.
- Qu Zhen-xi, Shi You-ming, Shi Liang, Jiang Fang-xia, Tong Wen-li 2006. Primary study on the improvement of germination method of seed in hot pepper. *Shaanxi Journal of Agricultural Sciences*, 5: 20 - 21. (in Chinese)
- 屈臻喜, 史友明, 史亮, 蒋芳侠, 同文莉. 2006. 改进辣椒种子催芽方法试验初报. *陕西农业科学*, 5: 20 - 21.
- Rao G U, Chaim A B, Borovsky Y, Paran I 2003. Mapping of yield-related QTLs in pepper in an interspecific cross of *Capsicum annuum* and *C. frutescens*. *Theor Appl Genet*, 106: 1457 - 1466.
- Tanksley S D, Iglesias-Olivas J. 1984. Inheritance and transfer of multiple flower character from *Capsicum chinense* into *Capsicum annuum*. *Euphytica*, 33: 769 - 777.
- Wu He-ming, She Jian-ming, Ding Li-ping, Cai Xiao-ning, Sun Jie-bo, Qian Zhi-long, Wang Shu-bin, Liu Jin-bing 1997. Cytogenetic study of F_1 plants of *Capsicum* interspecific hybrid. *Acta Genetica Sinica*, 24 (1): 59 - 65. (in Chinese)
- 吴鹤鸣, 余建明, 丁犁平, 蔡小宁, 孙洁波, 钱芝龙, 王述彬, 刘金兵. 1997. 辣椒属种间杂种 F_1 植株的细胞遗传学研究. *遗传学报*, 24 (1): 59 - 65.
- Zhang Zi-xue, Sun Feng 2002. The selection of the best testing method on the pollen viability in hot pepper. *Seed*, 120 (1): 32 - 33. (in Chinese)
- 张子学, 孙峰. 2002. 辣椒花粉生活力最佳测定方法的筛选. *种子*, 120 (1): 32 - 33.
- Zou Xue-xiao 2002. *Chinese pepper*. Beijing: China Agricultural Press: 172. (in Chinese)
- 邹学校. 2002. 中国辣椒. 北京: 中国农业出版社: 172.