

DOI: 10.11931/guihaia.gxzw201401004

杜含梅, 王小蓉, 陈涛, 等. 中国樱桃种内及与欧洲甜樱桃杂交的初步分析[J]. 广西植物 2015, 35(2):227-230

Du HM, Wang XR, Chen T *et al.* Preliminary study on intraspecific hybridization of *Cerasus pseudocerasus* and interspecific hybridization with *C. avium* [J]. *Guihaia* 2015, 35(2):227-230

中国樱桃种内及与欧洲甜樱桃杂交的初步分析

杜含梅¹, 王小蓉^{1,2*}, 陈涛¹, 张洪伟¹, 杜涛¹

(1. 四川农业大学园艺学院, 成都 625014; 2. 四川农业大学果蔬研究所, 成都 611130)

摘要: 以四川优良的中国樱桃栽培和野生种质及欧洲甜樱桃为试材进行杂交, 对自交坐果率、杂交亲和性、杂交坐果率进行了调查和分析。结果表明: (1) 中国樱桃自交亲和, 欧洲甜樱桃自交不亲和; (2) 杂交授粉 2 周后, 各杂交组合表现出较高的杂交亲和性, 坐果率为 57.24%~93.03%; 5 周后, 各杂交组合表现出不同程度的杂种败育性, 远缘杂交尤为明显; (3) 在中国樱桃种内杂交中, 以野生种质为父本的杂交坐果率极显著高于以栽培品种为父本的杂交坐果率; 而远缘杂交中, 以‘红灯’为母本, 以中国樱桃栽培品种为父本的杂交坐果率显著高于以中国樱桃野生种质为父本的杂交坐果率; (4) 受亲本影响, 不同的杂交组合坐果率不同, 受父本的影响极显著高于受母本的影响。基于上述结果, 该研究进行了初步的分析和讨论。

关键词: 中国樱桃; 欧洲甜樱桃; 杂交; 亲和性; 坐果率

中图分类号: Q943; S662.5 文献标识码: A 文章编号: 1000-3142(2015)02-0227-04

Preliminary study on intraspecific hybridization of *Cerasus pseudocerasus* and interspecific hybridization with *C. avium*

DU Han-Mei¹, WANG Xiao-Rong^{1,2*}, CHEN Tao¹, ZHANG Hong-Wei¹, DU Tao¹

(1. College of Horticulture, Sichuan Agricultural University, Chengdu 625014, China; 2. Institute of Pomology and Olericulture, Sichuan Agricultural University, Chengdu 611130, China)

Abstract: Hybridization between the excellent Chinese cherry in Sichuan including wild germplasm and cultivars and *Cerasus avium* has been conducted in this study. Selfing set hybridization affinity and fruit setting percentage were investigated and analysed. The results were listed as follows: (1) There was a high and low self-compatibility in *C. pseudocerasus* and *C. avium* respectively; (2) Each hybridization combination showed high affinity after two weeks of pollination with 57.24%–93.03% of hybrid fruit setting. Different levels of embryo degeneration were observed among hybrids after five weeks of pollination, especially in the distant hybridization; (3) The fruit setting rate between cultivars and wild germplasm was significantly higher than between cultivars in interspecific hybridization combinations. While there was an opposite result in distant hybridization as ‘Hongdeng’ the female parent the fruit setting rate when using cultivars as male parent was higher than as wild germplasm male; (4) Each cross-combination has different setting percentage influenced significantly by the male parent. We conducted a preliminary analysis and discussion on these results.

Key words: Chinese cherry; *Cerasus avium*; hybridization; affinity; fruit setting percentage

收稿日期: 2014-04-6 修回日期: 2014-06-19

基金项目: 国家自然科学基金(31272134); 四川省教育厅重大培育专项(2011A005)。

作者简介: 杜含梅(1988-), 女, 四川绵阳人, 硕士, 研究方向为果树种质资源与遗传育种, (E-mail) duhanmei1027@163.com。

*通讯作者: 王小蓉, 博士, 教授, 博士生导师, 研究方向为果树种质资源与遗传育种, (E-mail) wangxrtj@163.com。

杂交指不同种、属或品种的动、植物进行交配。不同种属之间或地理上远缘的种内亚种个体之间的交配称为远缘杂交(李玉晖,2003;Chen *et al.*, 2003),远缘杂交常表现出杂交不亲和性和杂种不育性。核果类果树未能完成授粉受精的花朵一般在2周内自然脱落(李玉晖等,2003),此时对坐果数进行统计,计算坐果率,可比较不同杂交组合的亲亲和性。杂种不育性主要表现在受精后幼胚或胚乳发育不正常,杂交种子或杂种植株发育异常。目前杂交育种在果树上已有较多研究,张启翔(1987)对梅花的远缘杂交与抗寒育种进行了研究,得到了在北京地区露地越冬基本无冻害和完全无冻害的杂种 F_1 代植株。曾焯等(2000)以李为母本、杏为父本进行杂交,选育出“龙园杏黄”新品种。乔燕春等(2010)将栎叶枇杷与解放钟枇杷杂交,获得了杂种苗。

中国樱桃(*Cerasus pseudocerasus*)和欧洲甜樱桃(*C. avium*)均为蔷薇科(Rosaceae)李亚科樱属植物(俞德浚等,1986)。中国樱桃起源于我国,栽培历史悠久,花朵清香,果味浓郁,深受人们喜爱(董玉琛等,2008);欧洲甜樱桃果大肉多、耐储运,近年来占据我国樱桃产业的主导地位(吕秀兰等,2005)。目前对二者的研究主要集中在果实经济性状和遗传多样性方面(陈娇等,2013;陈涛等,2012;贾海慧等,2007;黄晓姣等,2011),针对它们的种内杂交和远缘杂交已有报道(刘焕芳,2004;刘焕芳等,2004;梁青等,2006)。因此,在已有成功杂交报道的基础上,本实验利用四川有育种潜力的优良中国樱桃种质(包含野生和栽培)进行了种内杂交、以及中国樱桃与欧洲甜樱桃的远缘杂交,以期得到坐果较高的杂交组合,获得杂交种子并培养出杂种苗,为进一步杂交育种奠定基础。

1 材料与方 法

1.1 材 料

实验于2012年2-4月在四川省泸定县、绵阳北川县和雅安汉源县分别进行。所用试材为中国樱桃和欧洲甜樱桃,以西南地区遗传多样性较为丰富的北川桂溪和桃龙两地的中国樱桃野生种质和来自荥经县、泸定县的中国樱桃栽培品种荥经白花和泸定红为父本,以泸定红和在雅安汉源广泛栽培的欧洲甜樱桃红灯为母本。所选植株均树势健壮,生长发育良好。

1.2 杂交步骤及方法

1.2.1 花粉的采集和贮藏 由于地理环境差异、海拔高度等影响,出现父母本花期不遇问题。因此,我们剪下带花芽的父本枝条,带回实验室,将其枝条末端插入水中,温室催花,采集铃铛花期的花,在室内剥离花药,于20℃恒温箱中阴干,待花药爆开花粉后,收集于小玻璃瓶中,置于4℃冰箱中贮藏,备用。

1.2.2 人工去雄 采用陈学森等(1989)的连被去雄法。用磨尖的镊子在花的萼片的中部弄一小洞,再将萼片往洞的反方向轻轻一掰,最后向外拉,萼片、花瓣和雄蕊就被一次性除去,或直接用左手拇指和食指捏住花托或萼筒中部,用右手拇指和食指的指甲轻轻将花萼、花瓣和雄蕊一次掐掉或撕掉。

1.2.3 人工授粉及套袋 均在母本为铃铛花期时授粉。用棉签蘸取一定花粉涂抹到母本已去雄的花柱上,重复2~3次,授粉后统计花朵数,套袋标记。

1.3 实验结果的调查和统计

授粉2周后调查统计坐果率,分析杂交亲和性;大量落果时作第2次调查统计,比较不同杂交组合的杂种败育情况;第3次为果实成熟采收前即授粉后5周调查统计,排除病害、虫害等环境因素造成的误差,获得最终的杂交果实。

2 结果与分析

2.1 自交亲和性

表1结果表明,中国樱桃的自交坐果率极显著高于欧洲甜樱桃的;欧洲甜樱桃的自交坐果率为0,自交不亲和,而中国樱桃自交坐果率平均为55.83%,自交亲和。产生这样的差异主要与授粉后花粉管行为和S-RNase表达有关(李晓,2007;Boskovii *et al.*,1996;陈晓流,2003)。

表1 部分亲本的自交坐果率比较

Table 1 Comparison of selfing set among different parents

| 亲本 Parent | 自交坐果率 Selfing rate (%) |
|---------------------|------------------------|
| 红灯 1 cv. Hongdeng 1 | 0B |
| 红灯 2 cv. Hongdeng 2 | 0B |
| 桂溪 1 Guixi 1 | 55.68A |
| 桃龙 1 Taolong 1 | 55.98A |

注:不同的字母表示差异达极显著水平($P < 0.01$)。

Note: Different letters indicate most significant differences ($P < 0.01$).

2.2 种内杂交和种间杂交的亲亲和性、坐果率比较

以欧洲甜樱桃和中国樱桃为母本,在铃铛花期

表 2 以中国樱桃为父本的种内杂交和种间杂交亲和性、坐果率比较

Table 2 Comparison of the hybridization compatibility and fruit setting percentage when using Chinese cherry as the male parent

| 杂交组合 Cross-combination | | 授粉 2 周后坐果统计 Fruit statistics in two weeks after pollination | | 授粉 5 周后坐果统计 Fruit statistics in five weeks after pollination | |
|---------------------------|----------------------------|----------------------------------------------------------------|----------------------------|-----------------------------------------------------------------|----------------------------|
| ♀ | ♂ 中国樱桃 Chinese cherry | 坐果数/授粉数 No. of fruit/ No. of flower | 坐果率 Setting rate (%) | 坐果数/授粉数 No. of fruit/ No. of flower | 坐果率 Setting rate (%) |
| 泸定红 1 cv. Ludinghong 1 | 桂溪 1 Guixi 1 | 2 099/3 667 | 57.24Cc | 1 523/3 667 | 41.53Aa |
| 泸定红 2 cv. Ludinghong 2 | 桂溪 2 Guixi 2 | 2 078/3 113 | 66.75Cc | 1 149/3 113 | 36.91Aa |
| 泸定红 3 cv. Ludinghong 3 | 荣经白花 1 Yingjingbaihua 1 | 1 451/2 172 | 66.8 BbCc | 174/2 172 | 8.01BbCc |
| 泸定红 4 cv. Ludinghong 4 | 荣经白花 2 Yingjingbaihua 2 | 2 026/2 513 | 80.62BbCc | 142/2 513 | 5.65BbCc |
| 红灯 1 cv. Hongdeng 1 | 桃龙 1 Taolong 1 | 1 096/1 185 | 92.49Aa | 12/1 185 | 1.01Dd |
| 红灯 2 cv. Hongdeng 2 | 桃龙 2 Taolong 2 | 1 622/1 742 | 93.11Aa | 23/1 742 | 1.32Dd |
| 红灯 3 cv. Hongdeng 3 | 泸定红 1 Ludinghong 1 | 1 924/2 131 | 90.29Aa | 70/2 131 | 3.61Cc |
| 红灯 4 cv. Hongdeng 4 | 荣经白花 1 Yingjingbaihua 1 | 2 190/2 354 | 93.03Aa | 100/2 354 | 8.54Cc |

注: 不同数字表示不同单株; 不同大写字母表示差异达极显著水平 ($P < 0.01$); 不同小写字母表示差异达显著水平 ($P < 0.05$)。Note: Numbers indicate individual plants; Capital letters indicate most significant differences ($P < 0.01$); Lower cases indicate significant differences ($P < 0.05$).

授粉的杂交组合, 在授粉 2 周后和授粉 5 周后的坐果率统计结果见表 2。

从表 2 可以看出, 授粉 2 周后, 无论是种内还是种间杂交, 所有杂交组合都能完成受精作用, 表现出较高的杂交亲和性, 坐果率为 57.24% ~ 93.03%。中国樱桃种内的杂交亲和性差异达到显著性水平。以欧洲甜樱桃为母本的杂交亲和性显著高于以中国樱桃为母本的杂交亲和性, 其与不同父本的中国樱桃杂交的杂交亲和性无明显差异。授粉 5 周后, 不同杂交组合的杂交坐果率存在差异, 坐果率最高的杂交组合为泸定红 1 × 桂溪 1 (41.53%), 最低的组合为红灯 1 × 桃龙 1 (1.01%)。种内杂交坐果率极显著高于种间杂交坐果率。

在种内杂交中, 以中国樱桃野生种质为父本的杂交坐果率极显著地高于以栽培品种为父本的杂交坐果率。这可能是由于栽培品种受人工选择的定向作用, 进化速率较快, 最终导致不同栽培品种间的遗传物质差异变大, 产生了一定隔离, 杂种败育性高, 坐果率下降。

欧洲甜樱桃与中国樱桃的杂交坐果率在授粉 5 周后急剧下降, 如红灯 1 × 桃龙 1 的坐果率从 92.49% 降至 1.01%, 说明二者虽能完成受精作用, 但存在受精后障碍。这很可能与中国樱桃与欧洲甜樱桃在遗传物质上存在较大差异且具有不同倍性导致最终杂种胚败育, 不能形成成熟杂交果有关。

以欧洲甜樱桃为母本的远缘杂交中, 以中国樱

桃野生种质为父本的杂交坐果率却低于以栽培品种为父本的杂交坐果率。原因可能是欧洲甜樱桃和中国樱桃栽培品种具有相似的环境条件和相近的人工选择标准, 而人工选择是有目的性和方向性的, 二者都淘汰了很多基因, 最后产生较密切的亲缘关系, 蔡宇良等 (2006) 对樱桃种质资源进行遗传分析也得到相同结论。

3 讨论与结论

综上所述与分析表明, 樱桃种内杂交和远缘杂交的结果差异很大。

中国樱桃自交亲和, 欧洲甜樱桃自交不亲和, 这与李晓等 (2007) 和 Sassa *et al.* (1996) 的研究结果一致。有关中国樱桃自交亲和机理, 研究表明可能与 S-RNase 表达不足有关 (陈晓流, 2003); 李晓等 (2007) 研究发现中国樱桃和欧洲甜樱桃自交授粉后前者花粉管生长正常, 而欧洲甜樱桃自交不亲和与 S 复等位基因座有关; 因为其花柱中存在 S-RNase, 可分解花粉管内的 RNA, 从而导致自交不亲和 (李晓, 2007; Boskovii *et al.*, 1996)。

在中国樱桃种内杂交组合中, 以野生种质为父本的杂交坐果率极显著高于以栽培品种为父本的杂交坐果率, 这说明野生中国樱桃因受人为干扰较小, 具有较强的基因流和较强的种子传播能力, 在长期自然选择中, 很好地保留了一些有利于繁育后代的

基因型(陈涛等 2012)。而栽培品种由于受较强的人工选择和驯化作用,不可避免地造成某些基因型的损失,从而导致遗传物质的差异,长时间栽培生长在一定环境下,不同地域栽培种质之间产生了一定的生殖隔离,导致杂交受精后胚或(和)胚乳的败育(张辉等,1998)。

中国樱桃与欧洲甜樱桃远缘杂交,授粉 2 周后,坐果率 90.29%~93.11%,表现出高于中国樱桃种内杂交的亲本性。刘焕芳等(2004)研究发现,授粉 2 周后坐果率明显下降,平均坐果率为 40%~55%,显著低于本研究结果。但授粉 5 周后开始大量落果的现象与刘焕芳(2004)的研究报道一致。杨红花(2006)认为欧洲甜樱桃与中国樱桃的杂交属远缘杂交,主要是分子水平上的片段杂交,往往无双亲染色体的配对过程,两亲本的遗传物质存在差异,杂交过程中遗传物质发生变化,使得胚或(和)胚乳败育。此外,我们所选用中国樱桃杂交种质为四倍体和五倍体(我们的染色体数目鉴定暂未发表),而欧洲甜樱桃为二倍体(陈瑞阳,1993),二者倍性不同,在杂交过程中存在染色体无法配对的情况,最终落果,使坐果率下降。此外,不论是种内杂交还是远缘杂交,父本的选择对坐果率的影响极显著,母本对其影响不大,这与梁青等(2006)的研究结果一致。

综上所述,各杂交组合杂交亲和性好,杂交坐果率差异显著。虽然种间杂交获得了杂交种子,但杂种胚败育率很高,表现出胚干瘪、糊状、腐烂等症状,因此在采收杂种果后要及时对其进行胚挽救,避免胚败育。中国樱桃的种内杂交的杂交种子很好萌发(只需适宜生长环境,就能与其天然结实获得的种子一样形成幼苗),采用一般的播种方法就可使其生长,但在生长过程中,出现了幼苗畸形,一些幼苗没有生长点或分枝过多,对于出现这些现象的原因还需进一步研究。对于获得的杂交种子是否为真杂种、杂交苗与亲本的形态差异及与亲本的关系,杂交组合之间的关系等还要做更深的探讨。

参考文献:

Boskovii R, Tobutt KR. 1996. Correlation of stylar ribonuclease zymograms with incompatibility alleles in sweet cherry [J]. *Euhytica* **90**:245-250

Cai YL(蔡宇良), Li S(李珊), Zhao GF(赵桂芳) *et al.* 2006. Use of amplified DNA sequences for the genetic analysis of the cherry germplasm(利用 DNA 扩增片段序列对樱桃种质资源的遗传分析) [J]. *Acta Horti Sin*(园艺学报) **33**(2):249-254

Chen J(陈娇), Wang XR(王小蓉), Tang HR(汤浩茹) *et al.*

2013. Assessment of genetic diversity and populations genetic structure in wild Chinese cherry from Sichuan Province using SSR markers(基于 SSR 标记的四川野生中国樱桃遗传多样性和居群遗传结构分析) [J]. *Acta Horti Sin*(园艺学报) **40**(2):333-340

Chen J, Staub J, Qian C *et al.* 2003. Reproduction and cytogenetic characterization of interspecific hybrids derived from *Cucumis hystrix* Chakr \times *Cucumis sativus* L. [J]. *Theor Appl Genet* **106**(4):688-695

Chen RY(陈瑞阳), Lin SH(林盛华), SONG Wen-qin(宋文芹) *et al.* 1993. Chromosome atlas of Chinese principal economic plants. Tomus 1. Chromosome atlas of Chinese Fruit Trees and Their Close Wild Relatives(中国主要经济植物染色体图谱. 第一册. 中国果树及其野生近缘植物染色体图谱) [M]. Beijing(北京): International Academic Publishers(万国学术出版社):209-216

Chen T(陈涛), Wang XR(王小蓉), Luo H(罗华) *et al.* 2012. Chloroplast DNA *trnQ-rps16* variation and genetic structure of nine wild Chinese cherry (*Cerasus pseudocerasus* Lindl.) populations(9 个野生中国樱桃群体叶绿体 DNA *trnQ-rps16* 序列变异及其遗传结构分析) [J]. *Hereditas*(遗传) **34**(11):1475-1483

Chen XL(陈晓流). 2003. Study on S genotype and mechanism of self-(in) compatibility on cherry(樱桃 S 基因型及自交(不)亲和机制研究) [D]. Tai'an(泰安): Shandong Agric Univ(山东农业大学)

Chen XS(陈学森), Wang ZG(王志刚), Zhou RY(周荣永) *et al.* 1989. Studies on the emasculation method for fruit cross(果树杂交去雄方法的研究) [J]. *J Shandong Agric Univ*(山东农业大学学报) **20**(3):21-26

Dong YC(董玉琛), Liu X(刘旭), Jia JX(贾敬贤) *et al.* 2008. Crops and Their Wild Relatives in China (Vol. fruit crops)(中国作物及其野生近缘植物(果树卷)) [M]. Beijing(北京): China Agricultural Press(中国农业出版社)

Huang XJ(黄晓姣), Chen T(陈涛), Wang XR(王小蓉) *et al.* 2011. Preliminary economic characters evaluation to 14 cherry germplasms (*Cerasus pseudocerasus*) (14 份中国樱桃种质经济性状初步评价) [J]. *S Chin Fruits*(中国南方果树) **40**(5):9-12

Jia HH(贾海慧), Zhang XY(张小燕), Chen XS(陈学森) *et al.* 2007. Survey of partial physiological index of different cherry cultivars(甜樱桃和中国樱桃果实性状的比较) [J]. *J Shandong Agric Univ:Nat Sci Ed*(山东农业大学学报·自然科学版) **38**(2):193-195

Liu HF(刘焕芳). 2004. Embryo rescue and identification of hybrids between sweet cherry and Chinese cherry(甜樱桃与中国樱桃杂种的胚抢救与杂种鉴定) [D]. Tai'an(泰安): Shandong Agric Univ(山东农业大学)

Li X(李晓). 2007. Elementary study on self-(in) compatibility of sweet cherry and Chinese cherry(甜樱桃和中国樱桃自交(不)亲和性的初步研究) [D]. Nanjing(南京): Nanjing Agric Univ(南京农业大学)

Li X(李晓), Zhang SL(张绍玲), Tao ST(陶书田) *et al.* 2007. The differences of pollen germination and pollen tube growth between Chinese cherry and sweet cherry(中国樱桃与甜樱桃花粉原位萌发及花粉管生长的差异) [J]. *Acta Bot Boreal-Occident Sin*(西北植物学报) **27**(3):429-434

(下转第 193 页 Continue on page 193)

有利于更深刻地理解蕨类植物孢壁所蕴含的科学意义和价值。

参考文献:

- Dai XL(戴锡玲), Cao JG(曹建国), Zhu RL(朱瑞良), et al. 2009. Study on the structure and development of sporoderm of *Lygodium japonicum* (Thunb.) Sw. (Lygodiaceae) (海金沙孢子壁结构和发育的研究) [J]. *Acta Bot Boreal-Occident Sin* (西北植物学报) 27(7):1 328 - 1 334
- Dai XL(戴锡玲), Wang QX(王全喜), Zhu RL(朱瑞良). 2010. Study on the structure and development of sporoderm of *Cyrtomium fortunei* J. Sm. (Dryopteridaceae) (贯众孢子壁的结构和发育的研究) [J]. *J Shanghai Norm Univ* (上海师范大学学报) 39(4):402 - 407
- Huang TC(黄增泉). 1981. Spore Flora of Taiwan [M]. Taipei: Meit ai Col or Print Co. L td.
- Liang JN(梁静南), Liu N(刘宁). 2009. Ultrastructural observation on the pollen wall development in *Eucommia ulmoides* Oliv. (杜仲花粉壁发育的超微结构观察) [J]. *Acta Bot Boreal-Occident Sin* (西北植物学报) 29(9):1 822 - 1 827
- Tryon AF, Lugardon B. 1991. Spores of the Pteridophyta [M]. New York: Spriger-Verlag Inc
- Wang QX(王全喜), Dai XL(戴锡玲), Cao JG(曹建国). 2008. Study on the development of perispore of *Dryothyrium coreanum* (Christ) Tagawa (朝鲜介蕨孢子周壁发育的研究) [J]. *Acta Bot Boreal-Occident Sin* (西北植物学报) 28(2):289 - 297
- Wang QX(王全喜), Dai XL(戴锡玲). 2010. Spores of Polypodiales (Filicales) from China(中国水龙骨科(真蕨目)植物孢子形态的研究) [M]. Beijing(北京): Science Press(科学出版社)
- Xu XY(徐凤霞), Gong X(龚洵). 2003. Study on pollen morphology of *Alcimandra cathartii* (长蕊木兰花粉形态观察) [J]. *Guihaia* (广西植物) 23(4):321 - 322
- Xu XY(徐凤霞). 2002. Study on pollen morphology of *Parakmeria lotungensis* (乐东拟单性木兰花粉形态观察) [J]. *Guihaia* (广西植物) 22(2):157 - 159
- Xi XY(席湘媛). 2001. Ultrastructure of mature pollen in Peanut (*Arachis hypogaea*) (花生成熟花粉的超微结构) [J]. *Acta Bot Yunnan* (云南植物研究) 23(2):231 - 235
- Zhang YL(张玉龙), Xi YZ(席以珍), Zhang JT(张金谈), et al. 1976. Spores of Fern China (中国蕨类植物孢子形态) [M]. Beijing(北京): Science Press(科学出版社)
- ~~~~~
- (上接第 230 页 Continue from page 230)
- Li YH(李玉晖). 2003. Study on regulating cross - incompatibility of distant hybridization in stone fruit (核果类果树远缘杂交不亲和性调控研究) [D]. Tai'an(泰安): Shandong Agric Univ (山东农业大学)
- Li YH(李玉晖), Chen XS(陈学森), Yang HH(杨红花), et al. 2003. Report of distant hybridization in stone fruit crops(核果类果树远缘杂交试验初报) [J]. *J Shandong Agric Univ: Nat Sci Ed* (山东农业大学学报·自然科学版) 34(3):369 - 372
- Liang Q(梁青), Chen XS(陈学森), Zhang LJ(张立杰), et al. 2006. Effects of parental cultivars on cross compatibility and embryo rescue in interspecific crosses between *Prunus avium* and *Prunus pseudocerasus* (亲本品种对樱桃远缘杂交亲和性及胚抢救的影响) [J]. *J Fruit Sci* (果树学报) 23(3):388 - 391
- Liu HF(刘焕芳), Chen XS(陈学森), Duan CG(段成国), et al. 2004. Embryo rescue and identification of hybrids between sweet cherry and Chinese cherry(甜樱桃与中国樱桃杂种的胚抢救及杂种鉴定) [J]. *Acta Horti Sin* (园艺学报) 31(3):303 - 308
- Lü XL(吕秀兰), Liu YQ(刘杨青), Zhou YQ(周永清), et al. 2005. Economic character and quality analysis of sweet cherry in different nature area of Sichuan(四川不同生态区甜樱桃果实经济性状及品质分析) [J]. *S Chin Fruits* (中国南方果树) 34(3):75 - 76
- Qiao YC(乔燕春), Lin SQ(林顺权), Yang XH(杨向晖), et al. 2010. Identification of intraspecific and interspecific hybridizations in Loquat (*Eriobotrya*) using RAPD molecular markers(普通枇杷种内和种间杂种苗的 RAPD 鉴定) [J]. *J Fruit Sci* (果树学报) 27(3):385 - 390
- Sassa H, Nishio T, Koyama Y, et al. 1996. Self-incompatibility(S) alleles of the Rosaceae encode members of a distinct class of the T2/S ribonuclease superfamily [J]. *Mil Gen Genet* 250:547 - 557
- Wang R(王然), Wang CR(王成荣), Zheng KW(郑开文), et al. 1992. Studies of karyotype on drupe species in Rosaceae(蔷薇科若干种核果类果树植物的核型分析) [J]. *J Laiyang Agric Coll* (莱阳农学院学报) 9(2):123 - 129
- Yang HH(杨红花), Lu JC(卢继承), Li W(李伟), et al. 2006. A review of advance in distant hybridization of fruit crop's breeding (远缘杂交理论在果树育种实践中的研究进展) [J]. *J Shandong Agric Univ: Nat Sci Ed* (山东农业大学学报·自然科学版) 37(1):145 - 148
- Yü DJ(俞德浚), Lu LD(陆玲娣), Gu CZ(谷翠芝), et al. 1986. The Flora of China, Vol. 38 (中国植物志第 38 卷) [M]. Beijing: Science Press (北京: 科学出版社):41 - 89
- Zeng Y(曾焯), Mou YH(牟蕴慧), Zhen CF(甄灿福), et al. 2000. Preliminary study on creation and utilization in distant hybrid of plum and apricot(李、杏远缘杂交种的创造及其利用研究) [J]. *Northern Hortic* (北方园艺) 6:22 - 26
- Zhang H(张辉), Liu L(刘鏊). 1998. The genetic diversity of *Castanea mollissima* and the effect of artificial selection(板栗群体的遗传多样性及人工选择的影响) [J]. *Acta Bot Yunnanica* (云南植物研究) 20(1):81 - 88
- Zhang QX(张启翔). 1987. Distant hybridization and cold breeding of Plum(I) analysis blossom pollination habits and distant hybridization in plum(梅花远缘杂交与抗寒育种(I)梅开花授粉习性及其远缘杂交的探讨) [J]. *J Beijing For Univ* (北京林业大学学报) 9(1):69 - 79