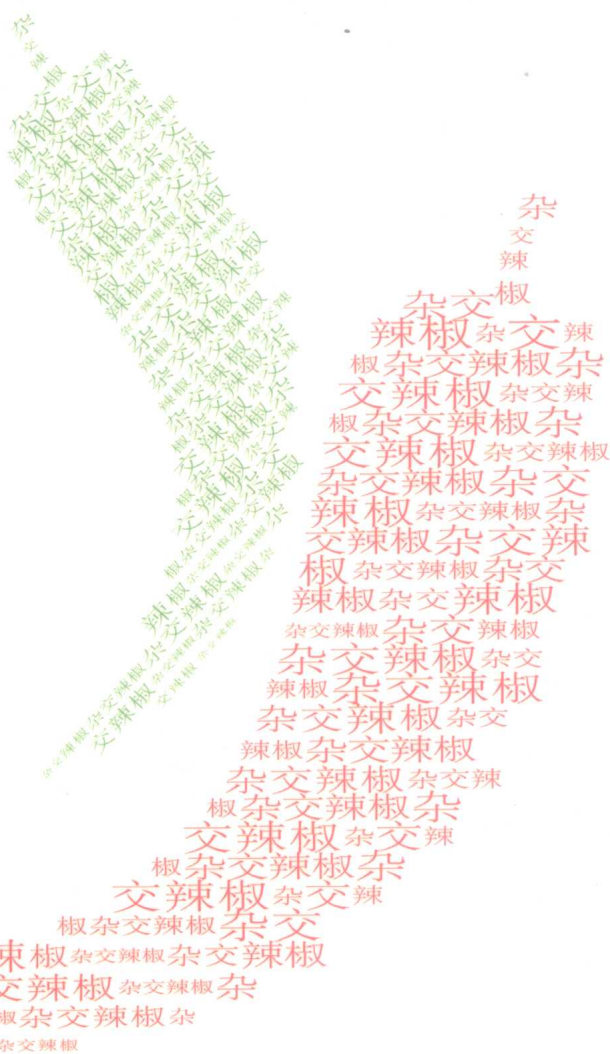


杂交辣椒的 理论与实践

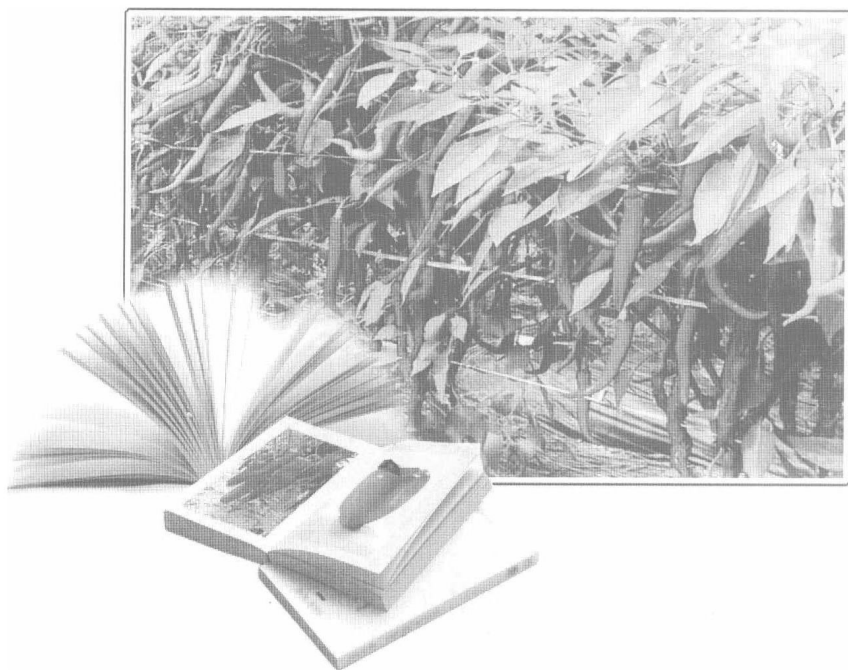
ZAJIAO LAJIAO DE
LILUN YU SHIJIAN

邹学校 编著



杂交辣椒的理论与实践

邹学校 编著



中国农业出版社

辣椒是世界上最重要的蔬菜作物之一，是人们日常饮食中的重要组成部分，既可鲜食，又是重要的调料。辣椒素可刺激消化，还可治疗多种风湿类疾病。除辣椒素外，辣椒还含有丰富的维生素 A 和 C，辣椒红色素是一种应用非常广泛的纯天然色素，是重要的食品添加剂。中国幅员辽阔，气候类型多样，辣椒栽培历史悠久，种质资源丰富，种植面积居世界各国之首，年种植面积超过 130 万 hm^2 ，在保证我国蔬菜周年均衡供应中占重要地位。

辣椒杂种优势非常明显，优良杂交组合一般比常规品种增产 20%~50%。我国最早育成的杂交辣椒品种为江苏省农业科学院蔬菜研究所与南京市郊区红花乡 1966—1972 年协作育成的早丰 1 号，该品种 20 世纪 70 年代末至 80 年代初在全国大面积种植，成为我国当时辣椒种植面积最大的杂交品种。到 20 世纪 80 年代末我国有几十家科研单位开展了辣椒新品种选育研究，育成了一批优质、高产、商品性好、抗多种病害（TMV、CMV、疫病、炭疽病）的杂交品种，目前比较有影响的品种有湘研系列品种、中椒系列品种、海花系列品种和苏椒系列品种等。特别是湖南省农业科学院选育的湘研系列辣椒品种，由于抗病、抗逆性强、商品性好、品质优、高产稳产、品种配套齐全、适应范围广，深受广大农民欢迎。湘研系列辣椒品种在全国 30 多个省、自治区、直辖市大面积种植，成为华中、西南、华南、长江中下游地区的主栽品种。据不完全统计，湘研辣椒品种累计推广 300 多万 hm^2 ，取得巨大的社会经济效应，高峰时期年种植面积稳定在 20 万 hm^2 左右，占国内同类品种种植面积的 80% 以上，居全国同行榜首。此外，湘研辣椒品种被越南等 34 个国家或地区引种试种成功。湘研已成为我国著名的蔬菜种子品牌，湘研种苗已发展成为我国蔬菜种子行业的龙头企业。据亚洲及太平洋种子协会调查报道，湘研辣椒品种已成为世界上种植面积最大的品种，湖南省蔬菜研究所是世界上最大的辣椒种子供应中心。为此，湘研系



列辣椒品种分别于 1995 年、2000 年和 2003 年三次获得国家科技进步二等奖。

湖南省农业科学院开展辣椒研究已有 60 多年的历史，蔬菜研究所第一任所长张继仁先生在 20 世纪 50 年代就开始从事辣椒品种资源的收集、整理、鉴定和利用等研究工作，60 年代筛选出了一批优良湖南地方品种如衡阳伏地尖、河西牛角椒、湘潭晚班椒、长沙矮树早和祁阳矮秆早等应用于生产，产生了良好的经济效益和社会效益，并利用这些地方品种育成了伏地尖 1 号、21 号牛角椒和湘晚 14 号等常规品种，这些品种也在湖南大面积推广。70 年代就开展了辣椒杂种优势利用研究，并于 80 年代育成了第一代湘研辣椒品种，90 年代第一代湘研辣椒品种在生产上大面积推广，种植面积占同类品种的 60% 以上，1992 年蔬菜研究所获直接经济效益 500 多万元，居全国同行榜首。1993 年底张继仁先生从工作第一线退下来以后，他的学生邹学校研究员带领全所干部职工继续走科技成果产业化的道路，成功地推出了第二代湘研辣椒品种，在辣椒亲本的提纯与扩繁、杂交规模制种技术、种子规模贮藏技术、种子质量的快速检测技术等方面取得重大创新，特别是在线辣椒杂交品种的选育和辣椒雄性不育规模制种技术等方面取得重大突破，湘研辣椒品种的生产成本大幅度降低，市场竞争力和市场占有率进一步提高，在国内外种植面积进一步扩大，经济效益大规模提高，90 年代末高峰时期蔬菜研究所取得年直接经济效益达 4 200 多万元，成为我国农业科研单位科技体制改革的一面旗帜。在以后的近 20 年湘研辣椒品种一直是世界上种植面积最大的品种。

本书收集了湖南省农业科学院几代科研人员在从事湘研辣椒品种选育及产业化过程中取得研究成果所发表论文 100 多篇，内容丰富，既有理论与方法，又有成果与应用，实用性好，指导性强，对今后的辣椒育种实践极具借鉴作用，是从事蔬菜遗传育种研究、生物学及相关学科研究的科研人员应备的一本很有价值的参考用书。

湖南省人民政府副省长

2008 年 8 月 18 日



前言

辣椒是世界上最重要的蔬菜作物之一，有着广泛的用途，既可鲜食，又是重要的调料。中国辣椒栽培历史悠久、种质资源丰富，种植面积居世界各国之首，年种植面积超过 130 万 hm^2 ，种植面积仅次于大白菜而居第二位，产值居第一位，在保证我国蔬菜周年均衡供应中占重要地位。

随着我国蔬菜产销体制的改革，我国蔬菜种子良种化、规模化、杂种化得到迅速发展。辣椒因农民种植产值高、效益好，以及便于人工去雄，杂交制种走在前列。湖南省农业科学院抓住机遇，在蔬菜研究所第一任所长张继仁先生的带领下，培育出第一代湘研辣椒品种。由于湘研品种抗病、抗逆性强，商品性好，品质优，高产稳产，且品种配套齐全，适应范围广，因此深受广大农民欢迎，湘研系列辣椒品种迅速在全国 30 多个省、自治区、直辖市大面积种植，成为华中、西南、华南、长江中下游地区的主栽品种。1993 年底张继仁所长从工作第一线退下来以后，作为跟随张继仁老师身边工作多年的学生，我没有辜负老师和湖南省农业科学院党委、蔬菜所广大干部职工的厚望，在线辣椒杂交品种的选育和辣椒雄性不育规模制种技术研究等方面取得重大突破，使湘研辣椒品种的种植面积和蔬菜所的经济效益连年翻番，成为世界上种植面积最大的品种，并将这个记录保持至今。

回顾湘研辣椒杂交品种的发展历程，湖南省农业科学院蔬菜研究所能取得今天的成就，我认为主要是因为有以下几点：①湖南省得天独厚的辣椒育种环境。湖南是我国气候最恶劣的地区之一，四季分明，春季低温多雨，夏季高温潮湿，秋季干旱，冬季寒冷。这种恶劣的气候条件不利于辣椒生长，病虫害危害严重，在同样栽培条件下，湖南的产量不及河南、山东等地的一半。这种不利辣椒生长的气候条件，却有利于辣椒新品种选育，在湖南的气候条件下选育的辣椒品种具有明显的抗病性强、适应性广的优点。据我们多年引种观察，省外的品种在湖南试种，一般表现较差，但湖南的品种在省外种植，均表现较好的适应性，这是湘



研辣椒品种能在国内外大面积种植的重要原因。②独一无二的湖南辣椒文化。我国流行一句民谚：“贵州人不怕辣，四川人辣不怕，湖南人怕不辣”。这充分说明了湖南人爱吃辣椒。湖南巨大的辣椒消费市场带动了辣椒生产的发展。湖南不仅辣椒栽培历史悠久，而且通过自然选择和农家选种，形成了丰富的优良地方品种，这些优良品种都成为了湘研辣椒品种的重要育种材料，是湘研辣椒的育种基础。再加上湖南辣椒在海内外的名气，人们一想起辣椒，就会想到湖南，这些人文因素加快了湘研辣椒品种的推广。③各级政府、部门和同行的大力支持。科技部、农业部、湖南省科技厅、财政厅、农业厅等许多部门都多次立项大力支持，湖南省人民政府对有突出贡献的张继仁专家进行了重奖，各级政府、部门对我们科研人员也非常重视，给予了许多奖励和荣誉，湘研系列辣椒品种分别于1995年、2000年和2003年三次获得国家科技进步二等奖。④“论文写在大地上，成果留在农民家”的科研理念。我们正认识到我们工作的单位是地方农业科研单位，服务的对象是基层农业生产者，因此我们没有追求时髦的科研前沿，几十年如一日围绕杂交辣椒产业做科研，深入田间地头、农民家中，解决实际问题，做大做强湘研辣椒产业。⑤甘于寂寞，精诚团结，默默奉献的湘研团队精神。湘研辣椒产业时间跨度大，参与的人员众多，但每个湘研人都继承和保持了这种湘研团队精神，并将湘研团队精神发扬光大。

笔者作为湘研辣椒产业发展的亲历者和组织管理者，时刻都被杂交辣椒事业和每一个湘研人的创新精神所感染，深感有责任将我们呕心沥血取得的科研成果发扬光大，服务于蔬菜生产。于是在湖南省农业科学院、中国农业出版社等单位，及中国工程院方智远院士、侯锋院士、吴明珠院士和全国辣椒行业同仁、广大湘研科技工作者等的大力支持和帮助下出版了论文集。希望论文集的出版能为广大蔬菜科技工作者特别是辣椒科技工作者提供有益的帮助。

由于该书涉及的内容广，论文发表时间跨度大，编写时间紧，加之本人水平有限，书中错误在所难免，敬请读者、同行批评指正。

邹学校

2008年7月18日于长沙



目 录

.....

序 前言

第一部分 遗传生理

辣椒净光合速率配合力分析	邹学校	马艳青等	(3)
辣椒产量和品质性状 Hayman 遗传分析	邹学校	陈文超等	(12)
辣椒净光合速率 Hayman 双列杂交分析	邹学校	张竹青等	(20)
辣椒花器性状的遗传分析	邹学校	张竹青等	(27)
辣椒植株性状 Hayman 双列杂交分析	邹学校	张竹青等	(36)
辣椒果实性状的遗传分析	邹学校	张竹青等	(43)
辣椒净光合速率杂种优势及其稳定性分析	邹学校	马艳青等	(51)
环境因子对辣椒光合与蒸腾特性的影响	邹学校	马艳青等	(58)
辣椒净光合速率与农艺性状间的关联性研究	邹学校	马艳青等	(67)
辣椒净光合速率杂种优势与农艺性状间相关性 研究	邹学校	马艳青等	(76)
Outline Analysis on Inheritance of Multiple Quantitative Characters in Pepper (<i>Capsicum annuum</i> L.)	Zou Xue-xiao	Liu Jian-hua et al	(85)
杂交辣椒营养成分与农艺性状、抗病性、净光合速率的灰色 关联分析	马艳青	邹学校等	(89)
辣椒主要营养成分的配合力分析	马艳青	邹学校等	(95)
辣椒营养性状的双列杂交分析	马艳青	邹学校等	(100)
辣椒多个数量性状遗传相关变异的研究	邹学校	刘建华等	(106)
辣椒数量性状基因效应研究	邹学校	李雪峰等	(114)
辣椒多个数量性状基因效应相关研究	邹学校		(120)
辣椒果实性状基因效应的通径分析	邹学校		(125)
辣椒杂交亲本选配的多层次模糊综合评判	邹学校		(130)
辣椒数量性状遗传参数	邹学校		(134)
低温胁迫对辣椒抗寒性相关生理指标的影响	马艳青	戴雄泽	(138)
利用 RAPD 技术进行辣椒杂种纯度鉴定的研究	周群初	何清等	(142)
灌木辣椒——涮辣的组织培养	文锦芬	邓明华	(146)
辣椒花粉的离体萌发研究	张广平	邹学校	(148)



第二部分 品种资源

湖南辣椒地方品种资源的因子分析及数量分类·····	邹学校	马艳青等	(155)
湖南辣椒地方品种资源与湘研辣椒品种选育的灰色关联分析·····	邹学校	戴雄泽等	(163)
中国辣椒优异种质资源评价·····	王述彬	袁希汉等	(172)
湖南辣椒品种资源初步研究·····		张继仁	(178)
不同生态环境辣椒品种辣椒素、维生素 C 和干物质含量差异研究·····	邹学校	张继仁等	(185)
辣椒地方品种的主成分分析及数量分类·····	邹学校	侯喜林等	(191)
干辣椒品种资源花粉形态研究·····		戴雄泽	(197)
干辣椒品种资源的聚类分析·····	戴雄泽	沈美娟	(202)
辣椒种质资源的 RAPD 分析·····	马艳青	刘志敏等	(209)
辣椒品种资源抗病性和营养含量与农艺性状相关和通径分析·····	邹学校	刘建华等	(215)
不同类型土壤辣椒品种资源遗传差异研究·····	邹学校	周群初等	(220)

第三部分 抗病育种

辣椒主要病害抗性双列杂交分析·····	邹学校	侯喜林等	(227)
辣椒抗病性、果实营养含量和农艺性状间的典型相关分析·····	邹学校	侯喜林等	(234)
辣椒种质资源对烟草花叶病毒和黄瓜花叶病毒的抗病性·····	刘建华	袁彩尧等	(240)
辣(甜)椒主要品质性状与抗病性的相关分析初探·····	刘建华	杨玉珍等	(245)
辣(甜)椒种质资源苗期对炭疽病的抗病性鉴定·····	刘建华	卢鉴植等	(249)
辣椒种质资源对疫霉的抗病性鉴定研究·····	刘建华	杨宇红等	(253)
湖南辣椒品种资源主要品质性状与抗病性鉴定·····	刘建华	邹学校等	(256)
辣椒主要病害抗性的配合力分析·····	邹学校	侯喜林等	(260)
辣椒品种资源抗病性与起源地生态环境的关系·····	邹学校	刘建华等	(265)
辣(甜)椒抗病毒病材料的鉴定与评价·····	李雪峰	何清	(270)

第四部分 雄性不育

辣椒细胞质雄性不育基因对不育系及杂交一代农艺性状和生化特性的影响·····	邹学校	侯喜林等	(277)
辣椒细胞质雄性不育系 9704A 花药发育的细胞学观察·····	何长征	刘志敏等	(284)
辣椒雄性不育杂种一代生化特性与农艺性状的灰色关联分析·····	邹学校	侯喜林等	(292)
辣椒雄性不育杂种一代生化特性与农艺性状的相关分析·····	邹学校	刘荣云等	(301)
辣椒胞质型雄性不育杂交品种规模制种技术·····	邹学校	马艳青等	(307)
辣椒胞质雄性不育恢复基因的 RAPD 标记·····	唐冬英	邹学校等	(312)



辣椒细胞质雄性不育系与保持系生化特性研究·····	邓明华 邹学校等 (319)
辣椒雄性不育与花蕾内源激素含量变化的关系·····	戴雄泽 唐冬英等 (323)
辣椒雄性不育系 9704A 利用模式、繁殖与制种·····	马艳青 邹学校等 (329)
辣椒细胞质雄性不育系离体培养植株再生研究·····	邓明华 邹学校等 (333)
辣椒雄性不育研究进展·····	邹学校 薛大煜 (338)
我国辣椒雄性不育机理与应用研究进展·····	邹学校 何 青 (346)
辣椒胞质雄性不育系 9704A 的选育·····	邹学校 周群初等 (354)
辣椒胞质雄性不育杂交品种湘辣 1 号的选育·····	邹学校 周群初等 (358)
辣椒胞质雄性不育杂交品种湘辣 2 号的选育·····	邹学校 周群初等 (362)
辣椒胞质雄性不育杂交品种湘辣 4 号的选育·····	周群初 邹学校等 (367)
辣椒胞质雄性不育杂交品种湘研 14 号的选育·····	邹学校 周群初等 (371)
辣椒胞质雄性不育杂交品种湘椒 31 号的选育·····	陈文超 马艳青等 (375)

第五部分 品种选育

湘研 1 号辣椒的选育·····	张继仁 周群初 (381)
湘研 2 号辣椒的选育·····	张继仁 周群初等 (386)
湘椒 2 号(湘研 3 号)辣椒的选育·····	张继仁 周群初等 (390)
杂交辣椒湘研 4 号的选育与开发应用·····	张继仁 周群初等 (395)
杂交辣椒新品种湘研 5 号的选育与应用·····	张继仁 周群初等 (400)
湘研 6 号辣椒的选育·····	张继仁 周群初等 (404)
湘研 7 号甜椒新品种的选育·····	张继仁 邹学校等 (408)
湘研 8 号辣椒的选育·····	张继仁 邹学校等 (411)
湘研 9 号辣椒的选育·····	张继仁 邹学校等 (414)
湘研 10 号辣椒的选育·····	张继仁 邹学校等 (418)
湘研 11 号辣椒的选育·····	邹学校 周群初等 (422)
早熟丰产辣椒湘研 12 号的选育·····	邹学校 周群初等 (425)
湘研 13 号辣椒新品种的选育·····	邹学校 周群初等 (429)
湘研 15 号辣椒的选育·····	邹学校 周群初等 (433)
湘研 16 号辣椒的选育·····	邹学校 周群初等 (436)
湘研 17 号辣椒新品种选育·····	邹学校 周群初等 (439)
湘研 18 号辣椒新品种的选育·····	邹学校 周群初等 (442)
辣椒新品种湘研 19 号的选育·····	邹学校 周群初等 (446)
湘研 20 号辣椒新品种的选育·····	邹学校 周群初等 (449)
湘研 21 号辣椒的选育·····	刘荣云 邹学校等 (452)
辣椒新品种湘研 23 号的选育·····	李雪峰 邹学校等 (455)
辣椒新品种湘椒 27 号(湘研 25 号)的选育·····	张竹青 邹学校等 (458)
干椒新品种湘干椒 1 号(湘辣 3 号)的选育·····	邹学校 周群初等 (461)



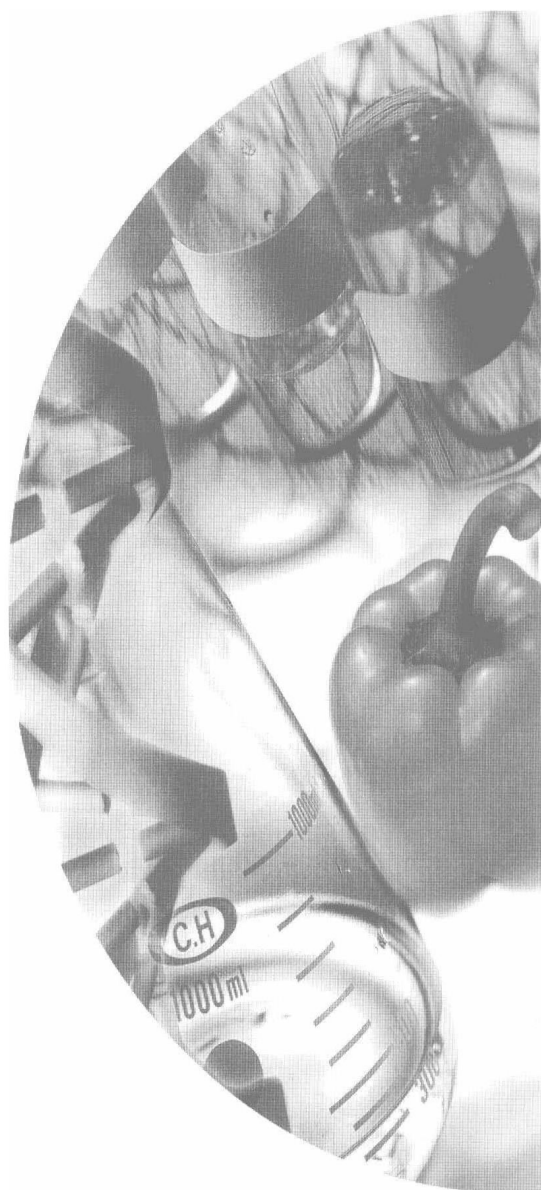
优良杂交辣椒新品种丰抗 21 的选育	马艳青 张竹青等 (464)
早辣 1 号辣椒的选育	刘荣云 陈文超等 (467)
湘椒 29 号 (珍黄 88) 辣椒的选育	马艳青 李雪峰等 (470)
特色辣椒新品种琬玉的选育	李雪峰 马艳青等 (473)
辣椒新品种兴蔬 201 的选育	张竹青 马艳青等 (476)
辣椒新品种福湘 2 号的选育	张竹青 陈文超等 (479)

第六部分 产业发展

湘研辣椒种子产业的发展	邹学校 (485)
湘研辣椒品牌的创立与发展	邹学校 (492)
湘研种苗产业创新机制的探索	邹学校 (495)
湘研辣椒品种产业化技术的创新	邹学校 周群初等 (500)
湘研辣椒种子的准时生产制	邹学校 马艳青等 (505)
湘研辣椒品种育繁销一体化研究	邹学校 周群初等 (511)
湘研种苗产业资本营运探索	邹学校 (515)
杂交辣椒多元制种基地的建设	戴雄泽 (520)
影响辣椒规模制种授粉效率的因素及其相关性分析	戴雄泽 马艳青 (524)
杂交辣椒大棚规模制种技术	戴雄泽 (529)
辣椒规模制种及栽培技术研究	周群初 (533)
海南岛辣椒制种经验	周群初 (537)
Technology for Hybrid Hot (Sweet) Pepper Seed Production in China	Zou Xue-xiao (540)
辣椒种子产量构成因素的相关和通径分析	邹学校 周群初等 (546)
辣椒果实成熟度与种子质量的关系	邹学校 刘虎 (550)
辣椒杂交种子室温干燥贮藏效果及技术研究	戴雄泽 倪向江等 (553)
辣椒种子人工老化及劣变的生理生化变化	李雪峰 邹学校等 (558)
提高老化辣椒种子活力的研究	李雪峰 邹学校等 (567)

第一部分

遗传生理



辣椒净光合速率配合力分析

邹学校^{1,2} 马艳青^{1,2,3} 刘荣云¹ 张竹青^{1,2,3}
陈文超^{1,2,3} 戴雄泽^{1,2,3} 李雪峰^{1,2,3} 周群初¹

(¹ 湖南省蔬菜工程技术研究中心, 长沙 410125; ² 湖南省农业科学院国家辣椒新品种研究推广中心, 长沙 410125; ³ 湖南省农业科学院蔬菜研究所, 长沙 410125)

摘 要: 为选育高产杂交辣椒品种, 选用 6 个亲本, 按 $n(n-1)/2$ 双列杂交法配制 15 个杂交组合, 对辣椒不同开花结果时期净光合速率进行配合力分析。结果: 不同开花结果时期不同杂交亲本净光合速率的一般配合力效应和不同杂种一代的特殊配合力效应差异较大, 晚熟亲本的一般配合力大, 早熟亲本的一般配合力小, 杂种一代熟性与特殊配合力关系不明显。特殊配合力方差明显大于一般配合力方差, 遗传力小, 环境影响大。净光合速率与农艺性状、抗病性间的配合力相关分析表明, 一般配合力是中、后期的相关性较强, 与叶片性状、果实性状相关密切; 特殊配合力是前期、后期的相关性较强, 前期与叶片性状、株型性状相关密切, 后期与株型性状和果实性状相关密切; 与抗病性的相关性是特殊配合力大于一般配合力; 开花结果不同时期净光合速率配合力都与单株产量配合力呈正相关。结论: 配合力是选育强光合杂交辣椒品种的重要参数。

关键词: 辣椒; 净光合速率; 配合力; 稳定性; 相关分析

Combining Ability Analyses of Net Photosynthesis Rate in Pepper (*Capsicum annuum* L.)

Zou Xue-xiao^{1,2} Ma Yan-qing^{1,2,3} Liu Rong-yun¹ Zhang Zhu-qing^{1,2,3}
Chen Wen-chao^{1,2,3} Dai Xiong-ze^{1,2,3} Li Xue-feng^{1,2,3} Zhou Qun-chu¹

(¹ Hunan Vegetable Research and Development Center, Changsha 410125; ² National Research and Extension Center of New Pepper Variety Technology, Hunan Academy of Agricultural Sciences, Changsha 410125; ³ Institute of Vegetable, Hunan Academy of Agricultural Sciences, Changsha 410125)

Abstract: The aim is to breed high yield hybrid pepper variety. Combining

基金项目: 国家“863”计划项目 (2002AA207012)。

本文原载《中国农业科学》, 2006, 39 (11): 2300~2306。



ability analysis of net photosynthesis rate at different phase of flowering and fruit setting in pepper was made with 15 cross combinations from 6 parents by $n(n-1)/2$ diallel crosses. Result: There are relatively large differences in general combining ability (GCA) effect among different parents and at different phase of flowering and fruit setting and also relatively large differences in special combining ability (SCA) effect among different hybrids. There are relatively large GCA effects in late parents but relatively less GCA effects in early parents. No obvious laws are found in the relationship between SCA effects and mature of hybrids. Variances of SCA are larger than variances of GCA. Heritability is less but affection of environment is larger. Correlation analysis of combining ability between net photosynthesis rate and agronomic character or resistances to main diseases showed that correlation coefficients of GCA are relatively large at medium phase and late phase of flowering and fruit setting. Net photosynthesis rate is more relative to leaf characters and fruit characters. Correlation coefficients of SCA are relatively large at early phase and late phase of flowering and fruit setting. Net photosynthesis rate is more relative to leaf characters and plant characters at early phase but plant characters and fruit characters at late phase. Correlation coefficients of SCA between net photosynthesis rate and resistances to main diseases are larger than correlation coefficients of GCA. The combining abilities of net photosynthesis rate at different Phase of flowering and fruit setting are positive correlated with those of yield per plant. Conclusion: The combining ability is important parameter of breeding on high photosynthesis hybrid pepper varieties.

Kew words: Pepper (*Capsicum annuum* L.); Net photosynthesis rate; Combining ability; Stabilization; Correlation analysis

光合作用是农作物产量形成的基础,研究作物光合作用的遗传,有助于选育出强光合作用的品种,达到提高农作物产量的目的。辣椒杂种优势非常明显,杂交辣椒品种已在生产上大面积应用,且由于它的商业价值越来越受到国内外辣椒育种工作者的重视。配合力是杂种优势育种亲本选择与选配的重要参考指标,因此,许多学者对辣椒农艺性状、营养成分和抗病性进行了配合力分析,对辣椒杂交品种的选育起了一定的指导作用。国内外学者对水稻、小麦、棉花、大豆、猕猴桃、黄瓜、莴苣和辣椒等作物研究表明,光合作用的强弱不仅受植株叶位、生育期、环境因子、栽培条件的影响,而且不同品种的净光合速率差异很大。为了选育高净光合速率的杂交品种,必须了解亲本净光合速率的配合力,但目前未见有关对辣椒净光合速率配合力的研究报道。为此本研究探讨了辣椒不同开花结果时期净光合速率的配合力,为辣椒的高产、优质、抗病育种提供依据。



1 材料与方法

1.1 材料及处理

供试辣椒材料为衡阳伏地尖的优良自交系 5901、祁阳矮秆早的优良自交系 5907、河西牛角椒的优良自交系 6421、湘潭晚班椒的优良自交系 8214、小矮秧的优良自交系 7801 和上海甜椒的优良自交系 8501, 及用它们做亲本按 $n(n-1)/2$ 双列杂交配制的 15 个杂种一代。试验在湖南省农业科学院蔬菜研究所试验示范农场完成。2003 年 12 月 27 日播种, 2004 年 3 月 10 日假植一次, 4 月 15 日定植于大田。随机区组设计, 3 次重复。每个小区面积 3.75m^2 , 定植 20 株。田间管理同当地常规栽培。

1.2 测定项目及方法

在 2004 年开花结果前期 (5 月 18 日上午)、中期 (6 月 10 日上午)、后期 (6 月 28 日上午), 每小区随机取样 3 株, 测定叶片选用植株顶部刚成熟的正常功能叶, 在田间分别用美国 CID 公司开放型 C1310 便携式光合测定系统测定了 6 个亲本、15 个杂种一代叶片的净光合速率 $[\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})]$ 。测定时的温度、 CO_2 浓度、光照等环境因素基本一致。7 月初调查的农艺性状有侧枝数/株、株高 (cm)、株幅 (cm)、主茎高 (cm)、第一花节位、叶长 (cm)、叶宽 (cm)、叶柄长 (cm)、果长 (cm)、果宽 (cm)、果肉厚 (cm)。每个小区测 5 株, 每个杂种 (亲本) 测 15 株。为了补测单株产量, 2006 年上述材料再种植一次, 试验设计同 2004 年, 播种、定植时间及栽培管理同当地常规栽培, 7 月补测单株产量 (g)。用苗期人工接种方法在中国农业科学院蔬菜花卉研究所完成 TMV、CMV、疫病和疮痂病抗性鉴定。

1.3 数据处理

配合力分析、稳定性分析和相关分析用唐启义等的 DPS 数据处理系统进行计算处理。

2 结果与分析

辣椒净光合速率配合力方差分析结果表明, 开花结果前期和中期的净光合速率的一般配合力方差未达到显著水平, 但特殊配合力方差达到了显著水平; 开花结果后期的一般配合力方差达到了极显著水平, 特殊配合力方差达到了显著水平。因此有必要进一步估算净光合速率的一般配合力和特殊配合力。

2.1 一般配合力分析

衡阳伏地尖等 6 个亲本在不同开花结果时期净光合速率的一般配合力效应列于表 1。从表 1 可知, 在开花结果前期上海甜椒的一般配合力最强, 其次是河西牛角椒、祁阳矮秆早和衡阳伏地尖, 小矮秧和湘潭晚班椒最弱。在开花结果中期湘潭晚班椒的一般配合力最强, 其次是上海甜椒、祁阳矮秆早和小矮秧, 再次是衡阳伏地尖, 河西牛角椒的一般配合



力最弱。开花结果后期是祁阳矮秆早、湘潭晚班椒和小矮秧的一般配合力最强，河西牛角椒次之，伏地尖和上海甜椒最弱。

表 1 辣椒亲本净光合速率的一般配合力效应

Table 1 General combining ability effects of the parents for net photosynthesis rate in pepper

杂交亲本 Parents	前 期 Early			中 期 Medium			后 期 Late			平均值 Mean
5901	-0.061 6	ab	A	-0.191 2	bc	A	-0.336 1	b	B	-0.196 3
5907	0.009 3	ab	A	0.000 5	abc	A	0.231 9	a	A	0.080 5
6421	0.062 0	ab	A	-0.299 5	c	A	-0.001 4	a	AB	-0.079 6
8214	-0.172 7	b	A	0.308 8	a	A	0.202 8	a	A	0.113 0
7801	-0.301 9	b	A	-0.025 9	abc	A	0.188 9	a	A	-0.046 3
8501	0.464 8	a	A	0.207 4	ab	A	-0.286 1	b	B	0.128 7

注：同列大小写英文字母分别代表 1% 和 5% 显著水平。

Note: The capital and small letter indicated 1%, 5% significant level, respectively.

2.2 特殊配合力分析

15 个杂种一代在不同开花结果时期净光合速率的特殊配合力效应列于表 2。在开花结果前期净光合速率特殊配合力较强的杂种一代是小矮秧×上海甜椒、衡阳伏地尖×祁阳矮秆早、湘潭晚班椒×上海甜椒、祁阳矮秆早×湘潭晚班椒和衡阳伏地尖×河西牛角椒，其他组合的特殊配合力较弱。开花结果中期净光合速率特殊配合力较强的杂种一代有湘潭晚班椒×上海甜椒、衡阳伏地尖×小矮秧、祁阳矮秆早×上海甜椒，其他组合的特殊配合力较弱。开花结果后期净光合速率特殊配合力较强的杂种一代是祁阳矮秆早×湘潭晚班椒、小矮秧×上海甜椒、河西牛角椒×小矮秧和衡阳伏地尖×河西牛角椒，其他组合的特殊配合力较弱。

表 2 辣椒杂种一代净光合速率特殊配合力效应及其稳定性

Table 2 Special combining ability effects and its stabilization of hybrids for net photosynthesis rate at flowering and fruit setting in pepper

杂种一代 Hybrids	开花结果时期 Phase of flowering and fruit setting			平均值 Means	效应 Effects	方差 Variances	回归系数 Regression coefficient
	前期 Early	中期 Medium	后期 Late				
5901×5907	1.016 9	-0.343 7	-0.070 5	0.200 9	0.131 5	0.596	-12.743 1
5901×6421	0.575 2	0.134 1	0.207 3	0.305 5	0.236 2	0.083	-4.110 1
5901×8214	-0.923 4	-0.163 1	-0.352 4	-0.479 6	-0.549 0	0.118	7.100 2
5901×7801	0.039 1	1.060 5	0.150 4	0.416 7	0.347 3	0.263	9.157 9
5901×8501	-0.816 5	-1.561 7	0.069 8	-0.769 5	-0.838 8	0.706	-6.119 1
5907×6421	-0.595 6	0.220 2	0.017 1	-0.119 4	-0.188 8	0.138	7.618 7
5907×8214	0.839 1	-0.177 0	1.224 0	0.628 7	0.559 3	0.579	-8.821 9
5907×7801	-0.665 1	0.524 4	-0.151 0	-0.097 2	-0.166 6	0.295	10.887 3
5907×8501	-0.154 0	0.935 5	0.101 8	0.294 4	0.225 1	0.269	9.817 1
6421×8214	-0.688 7	0.067 4	-0.331 6	-0.317 6	-0.387 0	0.105	6.938 3
6421×7801	-0.105 4	-0.086 7	0.226 8	0.011 6	-0.057 8	0.036	0.359 1
6421×8501	0.178 0	0.268 8	-0.287 1	0.053 2	-0.016 1	0.089	0.538 8
8214×7801	-0.916 5	-0.061 7	-0.121 8	-0.366 7	-0.436 0	0.183	8.070 7
8214×8501	0.894 6	1.038 3	0.142 1	0.691 7	0.622 3	0.230	0.841 6
7801×8501	1.523 8	-0.027 0	0.267 1	0.588 0	0.518 6	0.767	-14.535 2



2.3 特殊配合力的稳定性

用 Finlay 和 Wilkinson 的一个参数的直线回归法测定了 15 个杂种一代在不同开花结果时期净光合作用的特殊配合力的稳定性 (表 2)。结果表明, 不同杂种一代净光合速率的特殊配合力的稳定性差异明显。按 Finlay 和 Wilkinson 的测定标准, 当回归系数等于 1 时代表平均稳定性; 当回归系数大于 1 时代表低于平均稳定性; 当回归系数小于 1 时代表高于稳定性。杂种一代湘潭晚班椒×上海甜椒、祁阳矮秆早×湘潭晚班椒、小矮秧×上海甜椒、衡阳伏地尖×河西牛角椒和衡阳伏地尖×祁阳矮秆早 3 个时期净光合速率的特殊配合力较强、稳定性较好, 其他组合或特殊配合力较弱、或稳定性较差。

2.4 遗传参数估算

用固定模型估算了辣椒不同开花结果时期净光合速率的配合力方差 (表 3)。结果表明前、中、后期都是特殊配合力方差明显大于一般配合力方差, 说明辣椒控制开花结果期光合作用的基因效应是显性效应和上位性效应之和明显大于加性效应。此外, 表 3 还表明亲本的特殊配合力方差和杂种特殊配合力方差都较大, 说明辣椒光合作用的显性效应和上位性效应都较大。

表 3 辣椒开花结果期净光合速率配合力方差 (固定模型)

Table 3 Variance of combining ability for net photosynthesis rate at flowering and fruit setting in pepper (fixed model)

配合力方差 Variances of combining ability	前期 Early	中期 Medium	后期 Late
一般配合力方差 Variances of GCA	0.038 4	0.025 2	0.008 1
ii 特殊配合力方差 Variances of iiSCA	0.197 4	0.129 8	0.041 8
ij 特殊配合力方差 Variances of ijSCA	0.190 9	0.125 5	0.040 4
特殊配合力方差 Variances of SCA	0.388 3	0.255 3	0.082 2

用随机模型估算了辣椒开花结果期净光合速率的广义遗传力等遗传参数 (表 4)。结果表明开花结果前、中、后期的遗传方差都较小, 环境影响大, 所以遗传决定度、狭义遗传力、广义遗传力都较低。除开花结果后期外, 前、中期的加性方差非常小, 进一步说明辣椒光合作用的基因效应是以显性效应和上位性效应为主。

表 4 辣椒开花结果期净光合速率遗传参数估算 (随机模型)

Table 4 Genetic parameters estimates for net photosynthesis rate at flowering and fruit setting in pepper (random model)

遗传参数 Genetic parameters	前期 Early	中期 Medium	后期 Late
加性方差 Additive variance	0.000 0	0.000 0	0.087 9
显性方差 Dominant variance	0.405 9	0.255 6	0.091 2
遗传方差 Genetic variance	0.405 9	0.255 6	0.179 1
环境方差 Environmental variance	3.316 9	2.181 3	0.701 8
表型方差 Phenotypic variance	3.722 8	2.436 8	0.836 9
遗传决定度 Degree of genetic determination (%)	10.90	10.49	10.89
狭义遗传力 Narrow heritability (%)	0.00	0.00	10.50
广义遗传力 Broad heritability (%)	10.90	10.49	21.39