

陈 静. 江苏省水稻食味改良育种研究进展[J]. 江苏农业科学, 2015, 43(12): 77–80.

doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2015.12.021

江苏省水稻食味改良育种研究进展

陈 静

(江苏省农业科学院粮食作物研究所, 江苏南京 210014)

摘要:回顾了江苏省水稻品质育种与食味改良的历史,介绍了稻米食味鉴定技术,分析了改良稻米食味的主要育种方法及其优缺点,总结了江苏省水稻食味改良育种的成绩,提出了以稻米目标消费地区的人群作为基本群体,选择代表性人员进行品尝鉴定为最后鉴定手段,以水稻品种名创建优质米品牌、推动市场消费的建议。

关键词:水稻;食味;育种;江苏省

中图分类号:S511.033 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2015)12-0077-03

20 世纪直至 90 年代,我国粮食作物育种的主要目标一直是高产,以解决长久存在的人民温饱问题。作为最重要粮食作物的水稻,产量水平一直是新品种审定最重要的衡量指标。近年来,随着粮食总产不断提高,人们对食品品质的要求也越来越高。随着食物越来越丰富,人们对稻米品质的要求也从之前主要强调垩白、整米率等外观和加工品质转向更注重适口性等食味品质。

江苏省水稻面积常年保持在 200 万~210 万 hm^2 。江苏地区民众喜食粳米,粳稻种植面积不断扩展,2012 年后已经占水稻种植面积的 90%。水稻品种也实现了一般品质品种向优质品种和优质食味品种的转化。在水稻生产上,被列为江苏省 2014、2015 年主推品种的 4 个优良食味粳稻品种,生育期各不相同,南粳 46 适宜太湖地区东南部种植,南粳 5055 适宜沿江和苏南地区种植,南粳 9108 和南粳 49 适宜苏中及宁镇扬丘陵地区种植。这 4 个优良食味粳稻品种实现了从苏南至苏中的广泛种植。

1 稻米食味鉴定技术

稻米消费者对食味品质的要求越来越高,食味品质的优良程度也直接影响到水稻品种的应用。三级优质米标准早已是江苏省品种审定的准入条件,已有品种的理化品质已得到很好的改善,食味品质的改良更显示出其特殊的重要性。直链淀粉含量、糊化温度、胶稠度是评价稻米蒸煮和食味品质的主要指标,实践表明,这 3 项指标数值相近的品种,它们的适口性仍有较大差异。

不同消费地区对稻米食味品质有不同的要求,不同人群也有各异的评价方法。水稻育种科技人员主要从理化指标如直链淀粉含量、糊化温度、胶稠度、蛋白质含量等进行检测和评价;稻米经营者则注重从外观、气味、口感、回生度等方面对食味进行综合评价;而对广大民众而言,食味品质是否优良,

具体反映在好不好吃。大米品质的优劣主要表现在外观品质和内在品质。外观品质可通过直接观察米粒外形、色泽、透明度及碎(裂)米率等加以区分,也可应用颗粒评定仪测定。育种上多采取目测与颗粒评定仪相结合的方式,综合评价外观品质。目前,内在品质的评定是采用不同人群品尝米饭、用日本越光米或国内公认的优良食味大米作对照、进行打分评定的人工评分法。原始的食味品质检测主要是通过不同人群品尝,以直觉为主,没有客观的评判标准。但在水稻育种早期世代,无法通过人工评分法大量筛选优良食味品质的品系。20 世纪 90 年代,日本研制了稻米食味仪,可以在不破坏籽粒的情况下,通过仪器快速测定大量检测早代品系。食味仪原理是通过分别测定米饭的外观、气味、黏度、物理性状等数个相对独立的参数,建立多元回归方程(相关系数稳定达 0.8 以上),据此开发出食味品质测定仪^[1],食味值越高意味食味品质越好。目前,这项技术已广泛运用于育种中的水稻食味品质鉴定。

水稻优良食味品质的最终体现是消费者的适口性感觉。我国从 2007 年开始进行全国优质粳稻优良食味品评。在全国范围内征集、初选,从中筛选出优质优良粳稻品种。用市场公认的食味品质较好的品种和日本产越光米作为品评的对照,组织国内外知名的水稻研究专家、品评专家、普通人员等组成品评小组。依据碾米和外观品质、理化性状,并根据感官的食味体验进行品种的评比。其中碾米和外观品质以及理化性状是根据权威部门的检测报告,感官食味评价实行参评员暗码评比。最后,依照参评稻米的检测结果,结合现场的感官体验结果进行综合评分。评定结果设一等奖、二等奖、三等奖。整个过程双重密码操作,做到公平、公开、透明,实现了获奖品种的社会认可、专家认可、参评单位认可、消费者认可^[2]。江苏省也从 2007 年开始,由全省水稻育种协作组举办“江苏省粳稻优质米食味品尝评比”,模式与全国优质粳稻优良食味品评类似,取得了较好的效果。

2 改良稻米食味的育种方法

影响稻米食味品质的因素很多。一般认为,稻米的直链淀粉和支链淀粉含量直接影响品质。研究表明,直链淀粉只占胚乳淀粉 20% 左右,籼粳两亚种间和不同品种间的含量及

收稿日期:2015-09-21

基金项目:江苏省农业科技成果转化资金(编号:2011GB2C100011)。

作者简介:陈 静(1964—),女,江苏南通人,副研究员,从事作物育种及管理工作。Tel:(025) 84390322; E-mail:chenjing@jaas.ac.cn。

结构差异较小^[1]。支链淀粉占胚乳淀粉 80% 左右,其分子结构又分为长链和短链类型,籼粳两亚种间和不同品种间的长链、短链含量比率差异大。直链淀粉和长链支链淀粉都会影响稻米食味品质,短链支链淀粉比率越高,糊化温度就越低,崩解值、黏度和弹性也就越高,食味品质就越优良。蛋白质含量及醇溶蛋白在米粒中的分布也影响食味品质,蛋白质含量越低,醇溶蛋白低且分布均匀的品种食味品质越好。因此,选用短链支链淀粉比率高、蛋白质含量低、特别是醇溶蛋白低且分布均匀的亲本,对选育优良食味水稻具有重要作用。

2.1 通过籼粳性状互补改良稻米品质

人类食用的杂交稻米是 F₂ 谷粒,各米粒间的糊化温度、直链淀粉含量等性状存在分离。江苏省农业科学院粮食作物研究所 20 世纪 90 年代初选育典型的籼粳杂交稻亚优 2 号,由于双亲的糊化温度和直链淀粉含量差异较大,用该米煮饭时易发生糊化粒与夹生粒并存的现象,食用口感不佳。江苏南部地区和太湖流域人群习惯食用粳稻,喜欢米饭较软的类型,有些人却喜欢不太黏的粳米。结合籼米的爽口性与粳米的柔软性及凉后不回生的特性,可以选育出适合不同口味的杂交稻类型。这是一种需探索的重要技术。江苏省农业科学院粮食作物研究所育成的我国第一个超级杂交稻“两优培九”,其选育中利用了籼稻与部分粳稻有利性状的互补,将籼米的爽口性与粳米的柔软性和适宜的黏度相结合,稻米既能满足籼稻地区人们的口味,又受到喜食柔软、适黏粳米人群的欢迎^[3]。

通过籼粳性状的互补改良稻米品质,需要进行选择的群体大,鉴定工作繁重,在双亲选择时,要考虑需要的性状均优或互补。

2.2 通过杂交、回交转入有利基因

可以通过杂交和回交的方法将糯性、半糯基因等优质食味基因转入新品种。刘爱秋以直链淀粉含量中等的特优质籼稻保持系 D 香 1B 为 Wx 基因供体,采用 PCR - Acc I 分子标记辅助选择回交育种,对配合力高但直链淀粉含量也高的籼稻保持系冈 46B 的淀粉品质进行改良,通过将 F₅、BC₁F₄、BC₂F₃、BC₃F₂ 等世代选株的稻米直链淀粉含量的化学实测结果与其 Wx 基因型进行对比,结果表明,Wx 基因的 PCR - Acc I 分子标记可有效应用于杂交、回交育种中辅助选择优质 Wx 基因,以改良稻米淀粉品质。该研究已在 BC₃F₂ 群体中筛选到 5 株与优质供体亲本 D 香 1B Wx 基因型相同的直链淀粉含量中等的纯合 TT 型目标植株^[4]。

半糯米是介于一般黏米和糯米之间的中间类型,其胚乳呈云雾状或乳白色。米饭光泽透亮,具有糯米的柔软性和粳米的弹性,食味品质较佳,冷饭不回生。江苏省农业科学粮食作物研究所利用具有暗胚乳突变基因 Wx - mq、被称为“乳玉王妃”的日本优质粳稻关东 194 与江苏优质粳稻武香粳 14 杂交,经数代外观和食味品质筛选,并同时有条纹叶枯病抗性分子标记辅助选择,育成了优良食味粳稻新品种南粳 46。利用关东 194 与优质高产粳稻武粳 13 杂交,2005 年育成优良食味粳稻新品种南粳 5055^[5]。

通过杂交、回交转入有利基因的方法属于常规育种方法,只要找到有利基因及与之紧密连锁的分子标记,通过数次回交就能转入优良基因。但育种周期相对较长,仍需要较多的田间选择,以保持优良农艺性状。

2.3 通过转基因方法转入优良食味基因

影响稻米食味很重要的指标是直链淀粉含量。江苏地区和江苏太湖流域的居民喜食粳米,尤其偏爱直链淀粉含量中低的“软米”。可以通过转基因的方法,将反义 Wx 基因转入优良品种或恢复系中,降低直链淀粉含量,改良品种或杂交组合的适口性。

于恒秀构建了控制水稻直链淀粉合成的蜡质(waxy)的不同基因,包括全长基因组序列(简称 Wx 基因)、Wx - cDNA 和反义 RNA 结构(简称反义 Wx 基因),导入籼稻龙特甫和协青早、粳稻武香粳 9 号和武香 9915、糯稻苏御糯和广陵香糯中,研究调控蜡质基因表达对改良稻米品质的效果,获得具有优良食味品质或特高直链淀粉含量的水稻新品系。从转化获得的武香粳 9 号、协青早和龙特甫转反义 Wx 基因水稻的自交后代中,筛选获得了无 HPT 的转反义 Wx 基因水稻。结果表明:(1)反义 Wx 基因导入水稻后,可抑制胚乳中内源 Wx 基因的表达,成熟稻谷胚乳中的 Wx 蛋白表达量、直链淀粉含量不同程度降低,在粳稻和籼稻中都获得了直链淀粉含量降低至糯性水平的转基因水稻株。(2)直链淀粉含量降低后,表现为胶稠度变长,米饭变软。糊化温度则不同品种表现各异,龙特甫的转基因水稻糊化温度极显著升高。转基因水稻的直链淀粉含量降低后对淀粉黏滞性谱(RVA)特性也有一些影响,当直链淀粉含量降低到糯性水平时,RVA 谱的 PKV、HPV、CPV 均极显著降低,稻米的适口性提高^[6]。

将来如果研究发现重要的优良食味基因,例如决定米饭黏度的基因等,可以直接遗传转化高产优良水稻品系,改良食味品质。通过转基因方法能够快速改良稻米的食味品质,并能基本保持原有的优良农艺性状。中国水稻转基因研究目前尚处于试验阶段,市场能否接纳优质食味转基因品种,既取决于转基因食品的安全论证,很大程度上又取决于优质食味转基因育种的成就。

3 水稻食味改良育种的成效

近年来,江苏省在水稻食味改良育种中取得了丰硕成果。20 世纪末江苏省食味品质最好的水稻品种公认是 1992 年通过品种审定的武育粳 3 号,系原武进稻麦育种场(现为江苏武进水稻研究所)育成的迟熟中粳稻品种,是江苏及周边地区许多优质品牌大米的主体品种。该品种稳产性好,适应性广,综合性状优良,尤其是稻米适口性佳,深受消费者喜爱,先后获国家和江苏省的多个奖项,后因不抗水稻条纹叶枯病而退出大面积生产^[7]。对照国标优质稻谷标准,武育粳 3 号垩白率等指标超标,在多数年份并达不到优质稻米标准。事实上该品种因适口性好、得到消费者广泛喜爱而大面积应用。现有的品质理化指标与适口性间有差异,国标优质品种其食味未必优良。徐大勇等在研究武育粳 3 号食味优良的原因中发现,该品种不仅具有最高黏度值和崩解值大、消减值、回复值小等优点,其稳定性也好。与食味品质一般的品种连嘉梗 1 号相比,武育粳 3 号稻米淀粉黏滞特性对水分敏感性较小,即食味品质相对较稳定。在一定范围内增施氮肥,对武育粳 3 号稻米淀粉黏滞特性影响较小,甚至有的性状(最高黏度值和崩解值)还呈上升趋势。武育粳 3 号食味品质对环境不敏感,在不同生长条件下,保持着一定的稳定性,这与该品种在

大面积生产上表现出的不同年份、不同地点、不同肥力水平下稻米食味品质均较受消费者欢迎的实际情况相一致。因此武育梗 3 号是一个具有独特基因型的品种^[8]。由于江苏省近年条纹叶枯病大暴发,武育梗 3 号无法适应新环境,江苏武进水稻研究所近年育成了高抗水稻条纹叶枯病的武运梗 23 号、武运梗 24 号,不但高产、稳产,而且秉承了武育梗 3 号食味优良的特性,稻米具有清雅的茉莉花香味。在 2013 年江苏好品种评选活动中,被评为“江苏好品种”,近年来,一直是江苏省各类中间试验的对照品种。武运梗 23 号是江苏沿江及苏南地区早熟晚粳推广面积最大的品种,年均种植面积在 17 万 hm^2 以上。2012 年,武运梗 24 号被农业部认定为超级稻,年均推广面积在 18 万 hm^2 左右,是江苏省迟熟中粳稻中推广面积最大的超级稻品种。

江苏省农业科学院粮食作物研究所育成的南粳 46 于 2008 年通过江苏省农作物品种审定,2009 年,通过上海市农作物品种审定。该品种米饭晶莹剔透,口感柔软滑润,富有弹性,冷后不硬,幽香可口,食味品质极佳,是江苏省稻米市场上公认的外观和食味品质俱佳的优质米品种。2007 年,在江苏省粳稻优质米食味品尝会上获得第一名,被誉为江苏“最好吃大米”;2010 年和 2011 年在第五届和第六届全国粳稻米品质评审会上,分别被评为“优质食味粳米”和“金奖大米”。分别获得大北农科技进步二等奖、南京市科技进步二等奖。2010—2015 年是江苏省主推品种。

随后育成的南粳 5055 于 2011 年通过江苏省农作物品种审定,2014 年通过农业部超级稻认定,2012—2015 年列入江苏省主推品种,是江苏高产创建的主要品种。南粳 5055 综合了武粳 13 的粳米特性和关东 194 的软米特性,食味品质极佳。2010 年,在江苏省优质粳稻新品种食味品尝会上获得第一名。2011 年,在第六届全国粳稻米大会上,被评为全国“优质食味粳米”。南粳 46 被江苏麦华米业有限责任公司、高邮双兔米业有限责任公司、南通百味食品有限公司等稻米加工企业开发成高档精品大米,产品供不应求。

继南粳 46、南粳 5055 之后,江苏省农业科学院粮食作物研究所又育成优良食味粳稻南粳 9108。该品种是以江苏高产粳稻武运梗 7 号为母本,与关东 194 杂交,经数代半糯分子标记辅助选择,并通过外观和食味品质筛选而成。2013 年通过江苏省农作物品种审定,同年通过农业部组织的超级稻验收。先后获江苏省优质粳稻食味品尝第一名和全国优质粳稻食味品尝一等奖。

由江苏徐淮地区连云港农业科学研究所育成的系列优良食味新品种适宜淮北地区种植。其中,连梗 7 号为中熟中粳超级稻品种,具有米质优、食味优良、产量高、综合抗病能力强等优点,连续 4 年列入江苏省主要农作物推介名录,2013—2014 年入选农业部淮北稻区主导品种;连梗 11 号米质优,食味优良,产量高,综合抗性好,被列入 2014—2015 年江苏省主要农作物推介名录。

目前,在水稻育种中,优良食味已成为重要的育种目标。南粳系列、武粳系列以及连梗等新品种的育成,实现了江苏省中粳稻的优质化和食味优良化,改变了多年来江苏省中粳稻米品质和适口性较差的局面。这些食味优良品种在江苏省广为种植,覆盖了从太湖流域、苏中至淮北徐州、连云港的广大

稻区,为江苏省稻米优质食味化、提高食品质量作出了贡献。

4 水稻食味改良的思考

4.1 选择合适的人群品尝鉴定

水稻优良食味品质的最终体现是消费者的适口性感觉,宜以人工品尝为最后鉴定手段。但不同人群对适口性有不同的要求,宜选用稻米目标消费地区的人群作为基本群体,选择代表性人员进行品尝鉴定。研究表明,食味品尝的综合评价价值与水稻食味计的评点关系最为密切,二者有着显著的正相关^[9]。合理选择品尝人群和代表性人员,有助于提高对食味品质综合鉴定的准确性。刘建等选取了 57 名品尝员对 39 个稻米进行食味品尝,其中 27 人的综合评价值的平均值明显偏大或偏小,说明他们的品尝真实性差。对剩余的 30 人,再用各人的综合评价与稻米食味仪测定结果进行相关性分析,又淘汰了 13 名品尝结果为负相关的品尝员。最后剩余的 17 位品尝员的评价价值与稻米食味仪数据的相关系数为 0.55,达到极显著正相关,表明这 17 位品尝员对多个品种食味的把握比较准确,品尝结果可信度高^[10]。由此可见,应按不同生活区域、不同年龄、不同性别、不同职业等人群组织品尝,分别求出每个品尝员的食味综合评价,再与稻米食味仪测定结果进行相关性分析,相关值达极显著的品尝员可列为优秀品尝员,由优秀品尝员组成较稳定的品尝人群,可提高评价食味的准确性。

4.2 以品种名创建优质米品牌

江苏省虽然创建了一大批优质大米品牌,但大部分是以稻米加工企业注册的企业品牌,大米是由多个品种稻谷混合加工而成,并不是来自单一的品种。而真正的优良食味稻米的基本评价标准是好看和好吃,只有单一的品种才能体现出其特色和风味。从国际市场也可看出,食味优良、售价高的大米几乎都是来自于单一的水稻品种,如日本的“越光”大米、“一见钟情”大米,印度的 Basmati,其大米品牌就是水稻品种名称。

作为江苏省“最好吃大米”的南粳 46、南粳 5055、南粳 9108 系列稻米的开发,江苏多个企业也应用了更加科学的新模式,采用了科研育种 + 种业繁种 + 基地种植 + 米业加工 + 品种品牌销售的新型开发模式,形成了以品种命名的品牌,并取得了巨大成功。如江苏粮食集团开发的“苏星四季”南粳 46、南京桦墅水稻专业合作社开发的“桦墅大米”南粳 46、南京市盛农农业科技发展有限公司开发的“金东阳”南粳 46 等品牌大米,已在许多超市销售,深受消费者欢迎^[11]。以品种名创建优质米品牌,优质食味大米的成功开发,推动了市场消费,可推动优良食味水稻的育种改良。

参考文献:

- [1] 徐 铨,唐 亮,徐 凡,等. 粳稻食味品质改良研究现状与展望[J]. 作物学报,2013,39(6):961-968.
- [2] 孙雅君. 全国优质粳稻优良食味品评情况报告[J]. 北方水稻,2007(5):1-4,18.
- [3] 吕川根,姚克敏,李 霞,等. 两系法亚种间杂交稻育种的若干思考[J]. 中国农业科技导报,2007,9(2):38-43.
- [4] 刘爱秋. 分子标记辅助选择和转反义 Wx 基因改良稻米淀粉品质[D]. 雅安:四川农业大学,2003.

孙扣忠,赫明涛. 4 种植物生长调节剂对玉米产量及抗性的调节效应[J]. 江苏农业科学,2015,43(12):80-81.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2015.12.022

4 种植物生长调节剂对玉米产量及抗性的调节效应

孙扣忠,赫明涛

(盐城市新洋农业试验站,江苏盐城 224331)

摘要:研究玉黄金、烯世宝、玉米壮丰灵、玉米健壮素 4 种玉米生长调节剂在金海 5 号玉米上的使用效果。结果表明,几种植物生长调节剂对玉米的株高、穗位高都有不同程度的降低作用,同时降低玉米空秆率和倒伏株率。玉米主要经济产量性状穗长、穗粗、秃尖长、百粒质量都有一定的改善,产量水平均有较大幅度的提高,其中 A 处理比对照增产达 17.43%。

关键词:调节剂;金海 5 号;抗逆性;产量

中图分类号: S513.04 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2015)12-0080-02

江苏盐城地区虽然不是玉米主产区,近年来,随着产业结构的调整,过去种植棉花等劳动力密集型作物纷纷转种其他适于机械化、规模化、集约化生产的作物,玉米因顺应这一要求,种植面积不断扩大。2000 年,盐城玉米播种面积达 7 万 hm^2 ,2015 年,已发展到 11 万 hm^2 左右,并有进一步扩大的趋势。玉米倒伏导致减产幅度大,严重时减产达 50% 以上,不利于玉米的稳产、高产^[1-3],盐城地区夏季多台风,多阴雨,经常出现玉米倒伏和空秆等问题,成为影响该地区产业发展的重要因素。植物生长调节剂可通过调节植物内源激素水平而影响作物的生理生化过程,目前,已成为中国作物生产中高产、稳产和高效农业新技术的重要组成部分,在玉米生产上占有举足轻重的地位^[4]。植物化学调控技术已越来越受到重视,研究植物生长调节物质对玉米调控效应,对玉米生产具有重要意义^[5]。为了明确几种调节剂在盐城地区玉米生产上的应用效果,笔者开展了本项试验,以期对江苏盐城地区玉米生产中植物生长调节剂的合理应用提供相关理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验于 2014 年在江苏盐城市新洋农业试验站内进行。供试土壤为脱盐沙壤土,耕层含有机质 22.1 g/kg,全氮 1.36 g/kg,碱解氮 114 mg/kg,速效磷 21 mg/kg,速效钾 140 mg/kg,pH 值

8.1。试验地肥力均匀,排灌方便,前茬作物为小麦。

1.2 试验材料

供试玉米品种为金海 5 号(山东省莱州市金海种业有限公司)。试验药剂:植物生长调节剂玉黄金(30% 氨酯·乙炔利水剂),由福建浩伦生物工程技术有限公司生产;烯世宝(50% 氯胆·乙利水剂),由江苏省淮安市飞龙技术贸易公司生产;玉米壮丰灵(30% 乙炔利·芸薹素内酯),由吉林市农业科学院高新技术研究所研制生产;玉米健壮素(40% 羟烯·乙炔利水剂)江苏安邦电化有限公司生产。

1.3 试验方法

试验共设 5 个处理,分别为:(A)玉黄金 300 mL/ hm^2 ;(B)烯世宝 400 mL/ hm^2 ;(C)玉米壮丰灵 400 mL/ hm^2 ;(D)玉米健壮素 400 mL/ hm^2 ;(E)喷等量清水(CK)。小区面积为 66.7 m^2 ,随机区组排列,3 次重复。在玉米 9~10 叶期(8 月 4 日),按各小区用量,用背负式电动喷雾器对叶面进行喷雾,所有操作在同期完成,其他田间管理按一般管理水平进行。

1.4 测定项目及方法

在玉米成熟后,收获前每个小区 5 点取样,每样点取样 10 株,测量株高、穗位高、茎粗等指标,调查每小区的空秆率、倒伏率。收获时每小区选取中间 2 行,每行连续收取 5 个果穗,共 10 穗进行考种,调查穗长、秃尖长、穗粗、穗行数、行粒数、百粒质量。

2 结果与分析

2.1 不同调节剂对玉米植株主要性状和抗性的影响

2.1.1 对株高、穗位高的影响

从图 1 可看出,清水对照处理原因分析[J]. 江苏农业科学,2006(1):29-32。

[9]张巧凤,吉健安,张亚东,等. 粳稻食味仪测定值与食味品尝综合值的相关性分析[J]. 江苏农业学报,2007,23(3):161-165。

[10]刘建,崔晶,张欣,等. 水稻食味品尝员筛选方法的研究[J]. 种子,2014,33(4):75-78。

[11]陈静. 优质稻米开发利用模式的思考[J]. 江西农业学报,2014,26(11):148-150。

[5]王才林,张亚东,朱镇,等. 优良食味粳稻新品种南粳 5055 的选育及利用[J]. 农业科技通讯,2012(2):84-88。

[6]于恒秀. 利用转基因技术改良水稻抗性和品质的研究[D]. 扬州:扬州大学,2007。

[7]陈志德,仲维功,杨杰,等. 武育梗 3 号产量和品质分析及其对水稻育种的启示[J]. 金陵科技学院学报,2007,23(4):50-53。

[8]徐大勇,金军,杜永,等. 粳稻武育梗 3 号优质食味特性形成