

黑龙江寒地三系杂交粳稻育种研究进展

李永祥¹, 孙明², 庆榕², 李海慧¹, 王旺华¹, 翟开国¹, 毕曙霆¹, 庞军¹

(1. 江苏北国之春农业科技有限公司, 江苏南京 210049; 2. 安徽省农业科学院, 安徽合肥 230031)

摘要 分析黑龙江寒地杂交水稻选育中存在的技术问题, 指出其核心技术难点是耐冷性恢复系的选育。介绍自 2006 年起, 耐冷性恢复系选育、高异交率不育系转育和强优势杂交组合配组的研究过程。针对在育种研究中发现的问题, 设计黑龙江寒地三系杂交粳稻的穗粒结构指标, 提出理想株叶形态的要求, 并对黑龙江寒地杂交粳稻的耐冷性和稻瘟病抗性进行分析。结果表明, 制约黑龙江杂交水稻发展的关键技术问题已得到较好的解决, 开发应用前景广阔。

关键词 寒地稻作区; 耐冷性恢复系; 高异交率不育系; 三系杂交粳稻; 黑龙江

中图分类号 S511 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2013)12-05224-03

Research Progress of Three Line Japonica Hybrid Rice Breeding in Heilongjiang Cold Region

LI Yong-xiang et al (Jiangsu Beiguozhichun Agriculture Science and Technology Co. Ltd., Nanjing, Jiangsu 210049)

Abstract The main technical problem of hybrid rice breeding in Heilongjiang cold region were analyzed. It was pointed out that the key problem is the breeding of cold tolerance restorer line. then, the research progress of cold tolerance restorer line, high outcrossing rate of CMS line, strong heterosis combination since 2006 were introduced. Accord to the problems in breeding research, the yield components of three-line japonica hybrid rice in Hei long jiang cold region were designed, the demand for ideal plant morphology was put forward, and the cold tolerance and rice blast resistance were analyzed. The results showed that the main limited factors of hybrid rice breeding in Heilongjiang were resolved.

Key words Cold region; Cold tolerance restorer line; High outcrossing rate CMS line; Three line japonica hybrid rice; Heilongjiang

黑龙江省稻作区为典型的寒地稻作区, 2012 年全区水稻种植面积为 372.3 万 hm^2 , 总产 2 689 万 t, 是我国最重要的商品粮供应基地。但到目前为止推广品种全部为常规早粳, 单产进一步增加的潜力有限。依据我国南方稻作区应用水稻杂种优势成功的经验, 黑龙江省稻作区也可以通过利用杂种优势的途径, 使水稻单产获得突破。黑龙江寒地杂交水稻育种研究开展较早, 期间经历两起两落, 至今没有三系配套的杂交水稻品种通过审定和推广。近年来, 随着国家对粮食安全的重视和杂交水稻育种科技的不断提高, 黑龙江寒地杂交水稻育种研究再次升温。自 2009 年以来, 以袁隆平院士为首的杂交水稻育种专家相继投身黑龙江寒地杂交水稻研究, 并取得了一定的进展^[1-11]。为此, 笔者分析了黑龙江寒地杂交水稻选育中存在的技术问题, 介绍了课题组自 2006 年起在黑龙江寒地杂交水稻育种研究中的育种实践和经验体会, 以期对黑龙江杂交水稻的发展提供借鉴。

1 黑龙江寒地三系杂交水稻育种的研究历史和技术难点

杂交粳稻品种生态适应性狭窄, 在我国 C57 系列的杂交粳稻其种植的北限是 42°N 附近。黑龙江省五常水稻研究所自 20 世纪 70 年代初开始三系杂交粳稻研究, 但进展缓慢, 认为存在的主要问题是选育的杂交水稻组合虽然有一定的产量优势, 但存在适应性较差、耐冷性较弱和生育期偏长等。华泽田等研究表明, 杂交粳稻在黑龙江种植优势明显, 但仍然存在适应性差、生育期偏长和结实率较低等问题。2009 年, 以袁隆平院士为首的湖南国家杂交水稻工程技术研究中心与地方企业建立黑龙江杂交水稻工程技术研究中心。据该中心 2011 年报道, 寒地杂交水稻品种选育课题取得实质

性突破, 至少有两三个品系可在黑龙江省适应性栽植, 产量可增加 10% 以上, 但至今未见后续报道。

通过分析前人研究资料和自身工作体会, 笔者认为黑龙江杂交水稻育种进展缓慢的原因有: ①黑龙江属寒地稻作区, 年有效积温少, 水稻生育期内前期升温慢, 后期降温快, 而杂交粳稻普遍生育期偏长(特别是灌浆期), 生长优势强, 产量优势弱; ②籼粳交类型的杂交粳稻在寒地稻作区温光反应敏感, 耐冷性差, 结实率低, 籽粒充实度不好; ③目前杂交粳稻的抗病性、米质等指标不及常规粳稻; ④杂交粳稻繁殖、制种产量低, 种子纯度难控制。进一步分析认为, 黑龙江杂交粳稻进展缓慢的核心是适合寒地应用的恢复系(R)材料选育没有突破, 配组的杂种 F_1 不能实现短生育期、耐低温及强优势三者的有机结合。

因此, 如何在黑龙江寒地有效积温少和冷害频发的条件下发挥杂交水稻高产、稳产的杂种优势就成为育种者需要首先解决的问题。此外, 适合黑龙江应用的异交率高、育性稳定的不育系选育进展也不大。而繁、制种产量低和种子纯度控制则是限制杂交水稻大面积推广的重要因素。

2 耐冷性恢复系选育

由于粳亚种自身不含恢复基因, 三系杂交粳稻恢复系(R)的选育多采用“籼粳架桥”人工制恢。1975 年, 辽宁省农业科学院通过“籼粳架桥法”育成高恢复度和高配合力的恢复系 C57, 之后, 用 BT 型黎明 A 不育系配组出黎优 57, 1980 年审定, 自此杂交粳稻开始在我国大面积推广。目前, 国内应用最广的三系杂交粳稻恢复系多由 C57 衍生而来, 含籼稻(IR8)血缘, 配组优势较强。但由此类恢复系配组的杂交稻组合普遍存在生育期偏长、耐冷性较差等问题, 在寒地种植杂种优势不能发挥。同时, 由 C57 衍生的恢复系含有籼稻血缘, 导致恢复系自身耐冷性弱和生育期偏长, 进而造成杂交

水稻在黑龙江本地制种困难。

为选育适合黑龙江寒地应用的恢复系,课题组自 2006 年正季选用配组优势强、生育期短的爪哇型光身恢复系 HP121 作母本,用自选耐冷、灌浆速度快、米质优良的偏粳型恢复系材料(密阳 23/MR18//MR18)作父本进行人工杂交;利用海南 2 月份自然低温和黑龙江冷害频发的有利条件,并结合冷水灌溉进行筛选。至 2010 年育成生育期短、耐冷性



图 1 适合黑龙江应用的 5 种不同类型耐冷恢复系

BT 型不育系细胞质来源于籼稻,其细胞核遗传背景中或多或少含有籼稻成分,在繁殖过程中容易形成“同质恢”,严重影响种子纯度。

BT 型不育系一般花时迟,开颖角度小,柱头外露率低,含籼稻血缘的粳粳交恢复系则花时早,这种“粳不籼恢”的结果就是二者在同一天内花时差大,造成繁、制种产量低,种子价格高,这也是三系杂交粳稻推广速度慢的主要原因。

为选育适合黑龙江应用的不育系,课题组以袁隆平院士“水涨船高”的杂交水稻理论为指导,自 2008 年起在海南岛利用黑龙江第 I~III 积温带当前大面积推广的常规品种,用 BT 型和红莲型细胞质测交转育,同时开展人工制保改造。不育系测交转育过程中以育性稳定为入选基本原则,以 30% 的自然异交率为入选指标进行筛选,同时结合套袋自交,在入选株系中根据 BT 型花粉育性特点进行镜检,淘汰不合格株系。至 2010 年,转育成适合黑龙江第 I~III 积温带应用的异交率高、育性稳定的不育系若干(图 2)。

在种子生产和纯度控制方面,经过几年的研究和改进,育成一批不育系,其开花习性好,育性稳定,繁、制种产量高,已经满足商业化生产要求。



图 2 育成的适合黑龙江省第 I~III 积温带应用的不育系自然异交情况

4 黑龙江寒地三系杂交粳稻选育实践

2010 年,在黑龙江省佳木斯市种植 78 个杂交组合,入选 16 个组合。由表 1 可知,16 个杂交组合的有效分蘖、穗粒数

好、穗大粒多、配组优势强的系列恢复系(图 1)。

3 高异交率不育系转育

三系杂交粳稻不育系(A)选育策略通常是以大面积推广的常规当家品种直接转育。当前应用最广的 BT 型细胞质来源于印度春籼钦苏拉包罗。BT 型粳稻不育系属配子体败育,败育时期为三核期,花粉镜检以染败为主。由于花粉败育时期晚,花粉育性容易受到外界环境影响,育性不稳定。

与垦稻 12 相比均表现出明显优势,平均结实率和千粒重低于垦稻 12;16 个组合的杂种 F_1 单株谷粒重与对照垦稻 12 相比均不同程度地增产,变异幅度为 11.3%~74.0%,平均增产幅度为 39.2%,产量优势明显。

分析杂种 F_1 产量结构可见,有效分蘖和穗粒数的增加是增产的主要因素,这也符合杂交水稻穗大粒多的基本特点。不同组合间有效分蘖和穗粒数的增加对单株谷粒重的贡献率不同,需要区别对待;结实率和千粒重为限制因素,在新组合选育过程中要充分考虑到。生育期内观察发现,杂种 F_1 苗期早生快发,分蘖性强,成株农艺性状优良,产量优势明显,大部分组合的播始历期与亲本相比表现为中间偏母本类型,这为黑龙江省寒地杂交粳稻组合的选配提供了较大自由度。

5 黑龙江寒地三系杂交粳稻产量结构及株型设计

2010 年黑龙江三系杂交粳稻种植试验表明,杂种 F_1 产量优势明显,但黑龙江年有效积温少,水稻发育后期降温快,为实现高产、稳产的目标,在选配组合时有必要对杂种 F_1 优势和穗粒结构进行优化设计。

以垦稻 12 为对照,在黑龙江第 II 积温带,现阶段将杂种的产量优势限定在 10%~35%,其穗粒结构指标为:株高 100.0~110.0 cm,穗长 19.0~22.0 cm,单株有效分蘖 14.0~17.0 个/株,平均穗粒数 120.0~140.0 粒/穗,千粒重 25.0~27.0 g,结实率 80.0% 以上;株叶形态要求:株型适中,分蘖性较强,成穗率高,散穗或半直立穗型,茎秆坚韧抗倒,根系发达,叶片短、厚、上举,穗叶同层,转色好,灌浆顺畅,籽粒饱满;此外,还要求米质食味性好,稻瘟病抗性良好,耐冷性好。

6 黑龙江寒地杂交粳稻耐冷性和稻瘟病抗性分析

黑龙江稻作区冷害频发,约 3~4 年就会发生 1 次,因此在黑龙江推广的水稻品种必须具备良好的耐冷性。在耐冷恢复系选育方面,课题组利用海南岛和黑龙江自然低温频发的有利条件,根据芽期、苗期、孕穗期、开花期和灌浆期冷害的典型表现和成熟植株的结实率进行严格淘汰,选育出一批耐冷性优良的恢复系。而且,由于配组用不育系均为当地大

表1 入选16个杂交组合主要农艺性状

组合名称	株高//cm	穗长//cm	有效穗//个/株	穗粒数//粒/穗	结实率//%	千粒重//g	谷粒重//g/株	比CK±//%
北国2A/JR10004	97.5	18.9	14.5	143.0	85.5	27.0	47.9	46.8
北国2A/JR10006	97.0	19.0	16.2	134.9	78.0	26.2	44.7	37.0
北国2A/JR10011	113.0	20.7	15.1	156.8	82.0	25.0	48.5	48.9
北国2A/JR10012	104.0	17.9	15.0	135.6	83.8	26.2	44.7	37.0
北国2A/JR10030	104.0	19.8	17.7	120.8	76.1	27.5	44.7	37.2
北国2A/JR10031	105.0	19.9	16.5	134.4	78.7	25.9	45.2	38.7
北国2A/JR10036	106.5	18.3	13.8	146.0	86.0	26.8	46.4	42.0
北国2A/G1410215	104.0	18.7	15.5	134.3	84.1	25.0	43.8	34.3
北国1A/JR10012	100.9	19.5	15.2	139.8	84.9	25.6	46.1	41.0
北国1A/JR10013	112.0	19.4	14.6	136.4	75.3	24.2	36.3	11.3
北国1A/JR10014	110.0	19.8	18.2	130.7	81.0	24.2	46.6	43.1
北国1A/JR10016	106.0	19.8	15.0	144.6	77.2	24.0	40.2	23.2
北国1A/JR10031	100.0	19.5	16.8	122.4	83.3	24.9	42.6	30.8
北国1A/G1410173	95.0	20.0	17.0	140.0	74.2	27.1	47.9	46.8
北国1A/G1410215	101.0	17.9	18.7	124.7	81.3	24.3	46.0	41.0
北国1A/G1410217	105.0	19.9	16.3	181.5	80.6	23.8	56.7	74.0
平均值	103.7	19.3	16.0	139.1	80.3	25.5	45.4	39.2
垦稻12(CK)	96.3	18.0	14.2	86.8	98.0	27.0	32.6	

面积推广的常规品种直接转育而成,具有良好的耐冷性。大量研究资料表明,水稻耐冷性状是一个多途径、多基因控制的复杂性状,但主要表现为显性。种植试验也表明,杂种 F_1 的耐冷性表现为显性,因此黑龙江杂交粳稻的耐冷性是有保障的。

稻瘟病是黑龙江稻作区的主要病害,也是黑龙江杂交水稻育种必须解决的问题。研究资料表明,水稻稻瘟病多为显性抗性,极少表现为隐性抗性。北国1A、北国2A及其他转育的不育系都是以当地大面积推广的常规品种直接转育,稻瘟病抗性良好。此外,恢复系材料经多年、多点田间鉴定和严格淘汰后,稻瘟病已经达到中抗水平。杂种 F_1 种植结果也表明,大部分杂交组合对稻瘟病抗性均达到中抗,接近母本抗性水平。

6 结语

实践证明,杂交水稻具有巨大的增产潜力。黑龙江杂交水稻研究历史较长,但进展缓慢。通过分析黑龙江杂交水稻选育中存在的问题,指出了其核心技术难点。自2006年起以育种材料的创新为突破点,经过7年多的持续研究,相继选育出适宜黑龙江寒地配组的耐冷性恢复系和高异交率不育系,并成功实现三系配套,率先在黑龙江寒地稻作区将杂交水稻技术实用化。到目前,制约黑龙江寒地杂交水稻发展的关键技术问题都已得到较好解决,应用开发前景广阔。

寒地杂交水稻从理想迈进现实,不仅实现了杂交水稻育种人的夙愿,更对未来国家粮食安全具有重要意义。作为育种人期待这项成果尽快有效转化,使其在黑龙江水稻产业中尽早发挥应有的作用,为国家粮食安全作出贡献。

参考文献

- [1] 袁隆平. 发展杂交水稻,造福世界人民[J]. 科技导报,2012(1):5.
- [2] 杨振玉. 北方杂交粳稻发展的思考与展望[J]. 作物学报,1998,24(6):840-846.
- [3] 邓华凤,何强,舒服,等. 中国杂交粳稻研究现状与对策[J]. 杂交水稻,2006,21(1):1-6.
- [4] 褚庆全,齐成喜,杨飞,等. 中国杂交粳稻发展现状·问题及其对策[J]. 作物杂志,2005(1):9-12.
- [5] 郑福余,周劲松,张君,等. 高寒地区杂交水稻的发展历程和展望[J]. 黑龙江农业科学,2007(3):117-119.
- [6] 傅秀林,张强,曹静明. 吉林省粳型杂交水稻研究现状及对策[J]. 吉林农业科学,2005,30(2):27-29.
- [7] 华泽田,王彦荣,王岩,等. 辽宁杂交粳稻育种有关问题探讨[J]. 杂交水稻,2001,16(2):1-4.
- [8] 许显滨,赵飞,夏天舒,等. 黑龙江省杂交粳稻栽培试验初报[J]. 中国农学通报,2011,27(15):48-51.
- [9] 罗孝和,袁隆平. 水稻广亲和系的选育[J]. 杂交水稻,2000(S2):35-38.
- [10] 张培江,孙明,许传万,等. 水稻爪哇型恢复系HP121的选育和应用[J]. 安徽农业科学,1998,26(2):98-100.
- [11] 万建民. 中国水稻遗传育种与品种系谱(1986-2005)[M]. 北京:中国农业出版社,2009.
- [12] 李永祥,孙明,庆榕,等. 黑龙江寒地杂交水稻育种研究初报[J]. 现代农业科技,2012(7):84.

(上接第5216页)

- [3] RONSHAUGEN M, BIEMAR F, PIEL J, et al. The Drosophila microRNA iab-4 causes a dominant homeotic transformation of halteres to wings[J]. Genes Dev, 2005, 19:2947-2952.
- [4] NIWA R, SLACK F J. The evolution of animal microRNA function[J]. Curr Opin Genet Dev, 2007, 17:145-150.
- [5] SAM GRIFFITHS-JONES, JEROME H L HUI, ANTONIO MARCO, et al. MicroRNA evolution by arm switching[J]. EMBO Reports, 2011, 12(2):172-177.
- [6] QIU C X, WANG J, YAO P Y, et al. MicroRNA evolution in a human transcription factor and microRNA regulatory network[J]. BMC System Biology, 2010, 4:90.
- [7] HERTEL J, BARTSCHAT S, WINTSCHE A, et al. Students of the Bioinformatics Computer Lab, Stadler PF. Evolution of let-7 microRNA Family[J]. RNA Biology, 2012, 9(3):1-11.

- [8] LANDGRAF P, RUSU M, SHERIDAN R, et al. A mammalian microRNA expression atlas based on small RNA library sequencing[J]. Cell, 2007, 129:1401-1414.
- [9] BURGE S W, DAUB J, EBERHARDT R, et al. Rfam 11.0:10 years of RNA families[J]. Nucleic Acids Research, 2013, 41:226-232.
- [10] GRIFFITHS-JONES S, BATEMAN A, MARSHALL M, et al. Rfam: an RNA family database[J]. Nucleic Acids Research, 2003, 31(1):439-441.
- [11] CAMPBELL N A. Biology[M]. 3rd edition. California: The Benjamin/Cummings Publishing Company, Inc. Redwood City, 1996.
- [12] POUGH F H, ANDREWS R M, CADLE J E, et al. Herpetology[M]. Third Edition. Pearson Prentice Hall: Pearson Education, Inc., 2002.
- [13] DUNN C W, HEJNOL A, MATUS D Q, et al. Broad phylogenomic sampling improves resolution of the animal tree of life[J]. Nature, 2008, 452(7188):745-749.