

刘猷红, 孟英, 唐傲, 等. 粳型细胞质对杂交后代 F_1 产量的影响[J]. 黑龙江农业科学, 2021(6):1-4.

粳型细胞质对杂交后代 F_1 产量的影响

刘猷红^{1,2}, 孟英^{1,2}, 唐傲^{1,2}, 张喜娟^{1,2}, 董文军^{1,2}, 刘凯^{2,3}, 张毅瑞⁴, 来永才^{2,3}

(1. 黑龙江省农业科学院 耕作栽培研究所/黑龙江省作物分子设计与种质创新重点实验室, 黑龙江 哈尔滨 150028; 2. 国家耐盐碱水稻技术创新中心东北分中心, 黑龙江 哈尔滨 150028; 3. 黑龙江省农业科学院, 黑龙江 哈尔滨 150086; 4. 黑龙江省种业技术服务中心, 黑龙江 哈尔滨 150008)

摘要:为促进东北粳稻遗传育种研究, 本试验利用分子标记手段对细胞质进行粳籼类型鉴定, 再以 4 份粳质粳稻与 4 份籼质粳稻构建双列杂交群体, 分别在沈阳和哈尔滨两地种植, 研究粳型细胞质对杂交后代 F_1 产量构成的影响。结果表明: 利用细胞质粳籼特异性分子标记筛选到 4 份超高产粳稻沈农 265、沈农 9741、辽粳 454、沈农 9816 的细胞质为粳型, 两个试验点粳质粳核材料产量主要影响因子是分蘖数和穗数, 而籼质粳核材料受多个因素的影响, 在相同核遗传背景下, 粳型细胞质对于产量提高有促进作用。

关键词: 东北粳稻; 粳型细胞质; 杂交后代; 产量

水稻是世界最重要的粮食作物之一, 90% 以上分布在亚洲, 在亚洲有超过 60% 的人口以稻米为主食^[1-2]。亚洲栽培稻 (*Oryza sativa*, 又称普通栽培稻) 分为粳和籼两个亚种, 粳稻约占 10%, 主要集中在中国、韩国、日本等地^[3]。东北是我国粳稻的主产区, 随着理想株型和粳籼杂交优势理论的利用, 通过粳籼杂交直接或间接选育的优良品种为我国粮食产量的提高做出了巨大贡献。前人针对细胞质对产量构成因素的影响已做了大量研究, 傅军如等^[4]利用正反交的方法, 研究得出不同农艺性状的细胞质效应不同; 刘平等^[5]研究发现细胞质对有效穗数、实粒数、总粒数存在遗传效应。纵观以往的研究, 多数学者针对的是杂交稻不育系细胞质的研究, 然而针对具有粳型血缘的东北粳稻细胞质对产量的影响的研究鲜见报道。本研究利用细胞质粳籼特异分子标记对东北粳稻细胞质进行粳籼类型鉴定, 再以粳质粳核材料与籼质粳核材料构建双列杂交群体, 分析粳型细胞质对东北粳稻产量构成因素的影响, 旨在为东北

粳稻遗传育种提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料

试验选取 8 份东北地区主栽粳稻品种用于细胞质基因组粳籼差异位点的分子鉴定, 以 9311 和日本晴作为对照, 进而确定每个品种细胞质基因组的粳籼属性。

选择 4 份粳型细胞质类型的粳稻, 分别为沈农 265、沈农 9741、沈农 9816 和辽粳 454 与 4 份籼型细胞质类型的粳稻龙稻 18、绥粳 18、龙粳 31 和龙粳 47。于 2019 年将 4 份粳型细胞质类型的粳稻分别与 4 份籼型细胞质类型的粳稻不完全双列杂交, 配制正反交组合 24 个(表 1)。

1.2 方法

1.2.1 试验设计 用筛选出的粳质粳核品种沈农 265、沈农 9741、沈农 9816、辽粳 454 与籼质粳核品种龙稻 18、绥粳 18、龙粳 31、龙粳 47 进行不完全双列杂交。于 2019 年在黑龙江省农业科学院民主试验园区试验田和沈阳农业大学水稻研究所试验田种植 8 个亲本和杂交后代 F_1 , 试验随机区组, 3 次重复, 于 4 月 13 日播种, 5 月 18 日插秧, 每份材料插植 5 行, 行株距为 30 cm × 13.3 cm, 每穴插单苗, 每行 10 穴。大田施入纯氮 135 kg·hm⁻², 基肥: 分蘖肥: 穗肥 = 5: 4: 1, P₂O₅ 70 kg·hm⁻²、K₂O 70 kg·hm⁻², 磷肥作基肥一次性施用, 钾肥按基肥: 穗肥 = 1: 1 施用。

1.2.2 测定项目及方法 PCR 反应体系的建立: 根据杨杰等^[6]的方法合成 2 个粳籼特异性叶

收稿日期: 2021-02-10

基金项目: 国家自然科学基金(31701503); 黑龙江省农业科学院院级课题(2019KYJL005); 国家科技重大专项和重点研发项目(课题)省级资助(GX18B002); 国家重点研发计划课题(2016YFD0300501); 黑龙江省农业科学院“农业科技创新跨越工程”专项(HNK2019CX02, HNK2019CX12); 黑龙江省科技计划省院科技合作项目(YS20B12)。

第一作者: 刘猷红(1985—), 男, 博士, 助理研究员, 从事优质丰产水稻遗传育种及配套栽培技术研究。E-mail: liuyouhong1011@126.com。

通信作者: 来永才(1964—), 男, 博士, 研究员, 从事作物栽培学与耕作学研究。E-mail: yame0451@163.com。

绿体引物 P1(5'-TTGTATTTTCCTTAGACTT-3')和 P2(5'-ATCTATGGGGTCACAGCC-3'),引物名称 cpDNA69,按照 Zhao 等^[7]的 CTAB 方法提取 DNA,琼脂糖凝胶电泳检测 DNA。PCR 反应体系为 PCR 扩增总体积 20 μL ,包括 DNA 模板 2 μL 、Buffer(MgCl_2 2.0 $\text{mmol}\cdot\text{L}^{-1}$)2 μL ,引物各

1 μL 、dNTP 1 μL ,*Taq* DNA 聚合酶 0.5 μL ,不足部分用 ddH₂O 补充。扩增程序为 94 $^{\circ}\text{C}$ 预变性 4 min,接着以 94 $^{\circ}\text{C}$ 0.5 min,55 $^{\circ}\text{C}$ 40 s,72 $^{\circ}\text{C}$ 1 min,40 个循环;最后延伸 72 $^{\circ}\text{C}$ 7 min。扩增产物用 3%的琼脂糖凝胶电泳检测,最后紫外凝胶成像检测。

表 1 构建 24 个正反交组合

编号	F ₁	杂交类型	编号	F ₁	杂交类型
1	沈农 9816/龙稻 18	正交	13	龙稻 18/沈农 9816	反交
2	沈农 9816/绥粳 18	正交	14	龙稻 18/沈农 265	反交
3	沈农 9816/龙粳 31	正交	15	龙稻 18/沈农 9741	反交
4	沈农 9816/龙粳 47	正交	16	龙稻 18/辽粳 454	反交
5	沈农 265/龙稻 18	正交	17	绥粳 18/沈农 9816	反交
6	沈农 265/绥粳 18	正交	18	绥粳 18/沈农 265	反交
7	沈农 265/龙粳 31	正交	19	绥粳 18/沈农 9741	反交
8	沈农 265/龙粳 47	正交	20	绥粳 18/辽粳 454	反交
9	沈农 9741/龙稻 18	正交	21	龙粳 31/沈农 9816	反交
10	沈农 9741/绥粳 18	正交	22	龙粳 31/沈农 265	反交
11	辽粳 454/龙稻 18	正交	23	龙粳 47/沈农 9816	反交
12	辽粳 454/绥粳 18	正交	24	龙粳 47/沈农 265	反交

产量构成因素调查:于成熟期,在小区中间行第 2 株始连续取样 5 株进行考种,在室内对株高、分蘖数、穗数、穗长、每穗总粒数、结实率、千粒重等性状进行考种,查所有穗的一次枝梗个数,按一次枝梗个数的众数,取其中有代表性的 10 穗进行考种,测定有关产量构成因素。

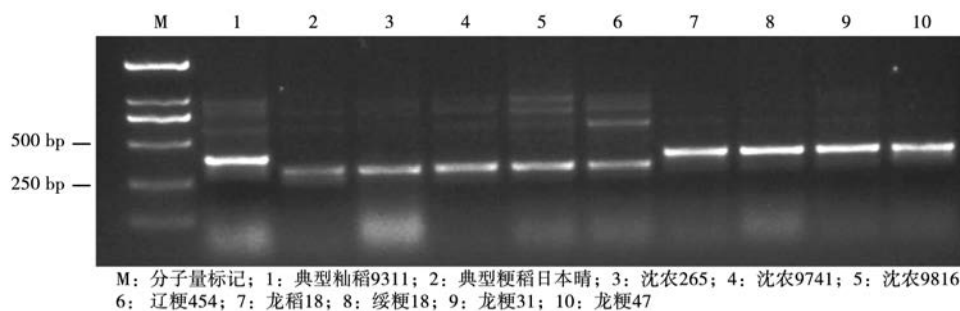
1.2.3 数据分析 采用 Excel 2007 整理和录入数据,用 SPSS 20 软件进行数据分析,LSD 法进行差异显著性检验($P<0.05$)。

2 结果与分析

2.1 东北粳稻细胞质类型鉴定

利用粳粳特异性叶绿体引物对 8 份东北栽培

粳稻叶绿体基因组进行 PCR 扩增检测得出,典型籼稻 9311 和典型粳稻日本晴作为对照,引物 cpDNA69 扩增的目的片段在粳型 cpDNA 有一个 69 bp 重复片段,而籼稻 cpDNA 缺失,籼性 cpDNA 的扩增产物在电泳条带上领先于粳型 cpDNA;叶绿体引物的扩增片段长度差异从图 1 中可以看出,沈农 265、沈农 9741、沈农 9816、辽粳 454 的带型与典型籼稻 9311 带型一致。表明这 4 个常规栽培粳稻品种为籼型叶绿体,其中龙稻 18、绥粳 18、龙粳 31、龙粳 47 带型与典型粳稻日本晴带型一致,为粳型叶绿体。



M: 分子量标记; 1: 典型籼稻9311; 2: 典型粳稻日本晴; 3: 沈农265; 4: 沈农9741; 5: 沈农9816; 6: 辽粳454; 7: 龙稻18; 8: 绥粳18; 9: 龙粳31; 10: 龙粳47

图 1 叶绿体 DNA 的 PCR 检测结果

2.2 双列杂交后代产量构成因素的方差分析

由表 2 可知,在沈阳和哈尔滨不同生态环境下,所观测的供试遗传群体 7 个农艺性状除穗粒数在不同生态区未达到显著差异外均达极显著水

平;除穗粒数外,所有观测性状的遗传变异幅度为环境>品种>品种×环境互作,品种的穗粒数差异大于环境以及品种与环境互作效应。因此,对以上产量构成因素性状适合进行方差分析。

表 2 杂交后代 F₁ 主要农艺性状 F 值方差分析

变异来源	株高	分蘖数	穗数	穗长	穗粒数	结实率	千粒重
环境	74.64**	236.21**	339.30**	54.37**	3.59	562.25**	18.47**
品种	16.81**	7.35**	18.38**	14.10**	35.06**	28.18**	53.61**
品种×环境	5.08**	6.64**	6.91**	2.89**	7.70**	19.58**	40.24**

注:*,** 分别表示在 0.05 和 0.01 水平显著。下同。

2.3 双列杂交 F₁ 产量构成因素的相关性分析

从表 3 可以看出,在哈尔滨和沈阳两地种植,粳质粳核材料的分蘖数和穗数与产量极显著正相关,哈尔滨粳质粳核材料的穗粒数和结实率与产量达显著正相关,沈阳粳质粳核材料的分蘖数、穗数、穗粒数和结实率与产量极显著正相关。粳质粳核材料在哈尔滨种植与产量的相关系数大小排序为结实率>分蘖>穗数>株高>穗粒数,其他指标均为负向相关。粳质粳核材料在沈阳种植与产量的相关系数大小排序分蘖数>穗数>穗粒数>株高>穗长>结实率,千粒重未达显著水平且为负向。说明粳质粳核材料在不同生态区种植产量的高低均受到分蘖数和穗数的影响,与千粒重是负向相关。粳质粳核材料在哈尔滨种植与产量相关系数大小排序为结实率>穗粒数,其他指标均未达到显著水平。粳质粳核材料在沈阳种植与

产量相关系数大小排序分蘖>穗粒数>穗数>结实率,其他指标均未达到显著水平。说明粳质粳核材料的产量不仅受到穗粒数和结实率的影响,同时也受到分蘖数和穗数的影响。

表 3 产量相关农艺性状的相关性分析

性状	粳质粳核材料		粳质粳核材料	
	哈尔滨	沈阳	哈尔滨	沈阳
株高	0.193	0.343*	0.088	0.147
分蘖	0.613**	0.694**	0.139	0.859**
穗数	0.512**	0.634**	0.157	0.480**
穗长	-0.161	0.294	0.297	0.155
穗粒数	0.145	0.504**	0.574**	0.531**
结实率	0.698**	0.015	0.660**	0.460**
千粒重	-0.164	-0.173	-0.203	-0.037

表 4 不同细胞质类型对杂交后代 F₁ 理论产量及其构成因素的影响

试验点	材料类型(F ₁)	株高/cm	分蘖	穗数	穗长/cm	实粒数	结实率/%	千粒重/g	理论产量/ (kg·667 m ⁻²)
哈尔滨	粳质粳核	104.37 a	14.67 a	13.15 b	16.57 b	145.32 a	77.56 b	26.62 ab	690.91 a
	粳质粳核	99.51 b	14.00 a	12.99 a	16.57 b	147.95 a	80.04 b	26.77 a	687.01 a
沈阳	粳质粳核	98.10 b	12.09 b	11.56 b	17.55 a	153.58 a	89.99 a	26.68 ab	643.76 ab
	粳质粳核	94.57 c	11.09 b	10.96 b	17.45 a	143.52 a	89.90 a	26.15 c	619.75 b
变异系数/%		6.97	19.26	17.31	9.13	14.44	11.57	4.50	20.54

对不同细胞质类型的杂交后代 F₁ 产量相关农艺性状进行方差分析,从表 4 可以看出,在哈尔滨试验点,除了结实率和千粒重外粳质粳核 F₁ 的株高、分蘖数、穗数、实粒数、理论产量均高于在当地种植的粳质粳核材料,且株高、穗数达显著性水平差异。而在沈阳试验点,粳质粳核 F₁ 的各项农艺性状指标均高于粳质粳核,株高和千粒重达显著性水平差异。说明在相同核遗传背景下,粳型细胞质对于产量提高有促进作用。

3 结论与讨论

在中国东北水稻超高产育种实践中,多数品种由粳粳稻杂交育成,产量相关性状影响的研究主要以细胞核为研究对象,而关于细胞质对于粳粳稻杂交育成品种的影响则知之甚少。细胞质对产量影响的分析常见于粳型杂交稻方面的研究^[8-9],粳型细胞质在不育系方面的研究结果不尽相同,既有正向效应也有负向效应^[10-12],杂种 F₁ 表型的差异是由于细胞质的不同而引起的,具有某种优

势的细胞质其在杂交水稻亲本上的表现优势也不同。王才林等^[13]认为不育胞质在有效穗数上有正效应。邢少辰等^[14]通过研究认为多数不育胞质在有效穗数、每穗总粒数、单株产量上相比相应保持系对子一代具有正效应,而对结实率和千粒重有负效应,相对株高、全生育日数来说没有发现效应。Tao等^[15]研究证明粳稻的细胞质对产量的提高和剑叶宽度的增加有差异显著,同时也观察到核质互作对植株株高的增加和产量的提高影响显著。本研究通过构建双列杂交群体,研究粳型细胞质对杂交后代 F_1 产量贡献得出,粳型细胞质对于产量提高具有一定贡献,主要影响因子是分蘖数和穗数,这使得粳粳杂交优势利用理论得到了很好的扩展,对今后的粳稻育种工作具有比较大的实践意义。

参考文献:

- [1] FAIRHURST T H, DOBERMANN A. Rice in the global food supply[J]. Better Crops International, 2012, 16: 3-6.
- [2] 万建民. 中国水稻遗传育种与品种系谱[M]. 北京: 中国农业出版社, 2010.
- [3] 王旭虹, 李鸣晓, 张群, 等. 粳型血缘对粳粳稻杂交后代产量和加工及外观品质的影响[J]. 作物学报, 2019, 45(4): 538-545.
- [4] 傅军如, 李海波, 胡达礼, 等. 水稻越冬品系的杂种优势及配合力分析[J]. 江西农业大学学报, 2007, 143(3): 323-330.
- [5] 刘平. 水稻细胞质效应及株 1S 分子遗传特点研究[D]. 长沙: 湖南师范大学, 2009.
- [6] 杨杰, 王军, 曹卿, 等. 江淮流域杂草稻叶绿体 DNA 的籼粳分化[J]. 中国水稻科学, 2009, 23(4): 391-397.
- [7] ZHAO L S, XU J, ZHANG Q et al. A Recommendable method for plant genomic DNA isolation[J]. Journal of Beijing Forestry University(English Edition), 1998(2): 58-61.
- [8] 唐雪松, 刘平. 水稻细胞质效应对杂种优势的影响研究[J]. 种子, 2013, 32(6): 36-42.
- [9] 康公平, 戴小军, 欧立军, 等. 同核异质两系杂交水稻主要农艺性状的细胞质效应研究[J]. 杂交水稻, 2017, 32(4): 63-66, 70.
- [10] 沈圣泉, 薛庆中. 不同细胞质的核质互作对籼粳杂种 F_1 代主要农艺性状的影响[J]. 中国水稻科学, 1997(1): 6-10.
- [11] 赵菊, 朱旭东, 严钦泉, 等. 不同细胞质类型杂交水稻产量及农艺性状杂种优势分析[J]. 作物研究, 2011, 25(5): 425-430, 435.
- [12] 汤述翥, 顾铭洪, 张兆兰, 等. 水稻不同不育细胞质对杂种 F_1 主要性状的遗传效应分析[J]. 江苏农业学报, 1997(2): 2-6.
- [13] 王才林, 汤述翥, 汤玉庚. 杂交粳稻同核异质不育系细胞质效应的研究[J]. 中国水稻科学, 1998(2): 65-71.
- [14] 邢少辰, 陈芳远. 粳型杂交水稻不育系胞质对杂种一代主要农艺性状的影响[J]. 广西农学院学报, 1990(3): 15-22.
- [15] TAO D Y, HU F Y, YANG J Y, et al. Cytoplasm and cytoplasm-nucleus interactions affect agronomic Traits in *Japonica* rice[J]. Euphytica, 2004, 135(1): 129-134.

Effects of *Indica*-Cytoplasm on Yield of Hybrid Offspring F_1

LIU You-hong^{1,2}, MENG Ying^{1,2}, TANG Ao^{1,2}, ZHANG Xi-juan^{1,2}, DONG Wen-jun^{1,2},
LIU Kai^{2,3}, ZHANG Yi-rui⁴, LAI Yong-cai^{2,3}

(1. Institute of Crop Cultivation and Tillage, Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences/Heilongjiang Provincial Key Laboratory of Crop Molecular Design and Germplasm Innovation, Harbin 150028, China; 2. Northeast Sub Center of National Salt and Alkali Resistant Rice Technology Innovation Center, Harbin 150028, China; 3. Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences, Harbin 150086, China; 4. Heilongjiang Seed Technology Service Center, Harbin 150008, China)

Abstract: In order to promote the research of *japonica* rice genetics and breeding in Northeast China, using the molecular marker to identify the cytoplasm *Indica-japonica* type of Northeast *japonica* rice, diallel cross population were constructed with four *indica*-cytoplasm *japonica* rice and four *japonica*-cytoplasm *japonica* rice, which were planted in Shenyang and Harbin, then investigated the effects of *indica* cytoplasm on yield components of F_1 hybrids. The results showed that using cytoplasmic *indica-japonica* differentiation-specific molecular markers, four super-high-yield rice Shennong 265, Shennong 9741, Liaojing 454 and Shennong 9816 were *indica*-cytoplasm *japonica*; the main factors affecting the yield of *indica*-cytoplasm *japonica* materials were tiller number and panicles number in the two experimental sites, while *japonica*-cytoplasm *japonica* materials were affected by multiple factors; under the iso-nuclear genetic background, *indica* cytoplasm can increase the yield of northeast *japonica*.

Keywords: northeast *japonica*; *indica*-cytoplasm; hybrid offspring; yield