

两系亚种间杂交稻形态解剖性状差异的研究

李德荣^{1*}, 喻宁根^{2 3*}, 吴国杰¹, 贺浩华^{2**}

(1 江西农业大学 农学院, 江西 南昌 330045; 2 江西农业大学 教育部作物生理生态与遗传育种重点实验室, 江西 南昌 330045; 3 陕西省咸阳市农业科学研究所, 陕西 咸阳 712000)

摘要:以赣亚 1号、两优培九、9311、培矮 64S和 Hb- 01为供试材料, 采用石蜡切片法对两系亚种间杂交稻及其亲本的形态解剖性状进行观察和研究, 结果表明: (1)两系亚种间杂交稻及其亲本材料间, 绝大部分形态解剖性状存在显著或极显著差异; (2)叶片主脉大维管束面积、主脉大维管束韧皮部面积、主脉大维管束导管面积、穗茎节间大维管束个数、大维管束总面积、小维管束总面积、大维管束韧皮部总面积、大维管束导管总面积、茎壁面积、上部一次枝梗大维管束导管面积、韧皮部总面积、导管总面积、横切面积、下部二次枝梗大维管束韧皮部面积和导管面积, 两优培九比赣亚 1号大, 9311比 Hb- 01大。叶鞘大维管束面积、大维管束韧皮部面积和大维管束导管面积, 两优培九比赣亚 1号大, 9311比 Hb- 01小。两系亚种间杂交稻籽粒充实度与叶片主脉大维管束、穗茎节间大维管束、上部一次枝梗大维管束导管和下部二次枝梗大维管束发育呈正相关性, 与叶鞘大维管束结构关系不明显。

关键词: 两系; 亚种间杂交稻; 形态解剖性状; 差异

中图分类号: S511. 01 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000- 2286(2010)06- 1089- 08

Studies on the Difference of Anatomical Characteristics in Two- line Intersubspecies Hybrid Rice

LI De-rong^{1*}, YU Ning-gen^{2 3*}, WU Guo-jie¹, HE Hao-hua^{2**}

(1 College of Agriculture, JAU, Nanchang, 330045 China; 2 Key Laboratory of Crop Physiology Ecology Genetics and Breeding Ministry of Education, Nanchang 330045, China; 3 Xianyang Agricultural Sciences Research Institute, Xianyang 712000 China)

Abstract In order to find out why the plumpness of two- line subspecies hybrid rice is low, the anatomical characteristics of subspecies hybrid rice ganyay hao, liangyoupeiji, and their parents 9311, pei ai 64S, Hb- 01 were systematically studied adopting conventional paraffin sectioning method. The results are as follows: (1) There are significant differences in the anatomical characteristics between two- line hybrid rice and its parents. (2) The area of all leaf vas bundle in mid- vein, area of phloem of all vas bundle in mid- vein, area of duct of all vas bundle in mid- vein, internode number of big vas bundle, area of all big vas bundles, area of all small vas bundle, area of phloem of all big vas bundle, area of culm wall, primary branch area of duct of big vas bundle, area of all phloem, area of all ducts, area of trans sec of internode, secondary branch area of phloem and duct of big vas bundles. Liangyoupeiji are larger than those of Ganyay hao.

收稿日期: 2010- 05- 11 修回日期: 2010- 10- 14

基金项目: 江西省教育厅资助科学技术研究项目 (2005)、国家科技支撑计划 (2006BAD01A01)、长江中游南部 (江西) 双季稻丰产高效技术集成研究与示范 (2006BAD02A04)和江西省重大战略产品科技专项

作者简介: 李德荣 (1962-), 男, 教授, 从事植物学、草业等研究, E-mail: drl2007@126.com, * 两位作者贡献同样大小; ** 通讯作者: 贺浩华, 教授, E-mail: hhhua64@163.com.

that of 9311 is larger than that of Hb-01. Leaf sheath area of big vas bundle, ratio of phloem & vas bundle, ratio of duct & vas bundle of Ganyayihao are smaller than those of Liangyoupeiji, that of 9311 is smaller than that of Hb-01. So the low grain plumpness of two-line subspecies hybrid rice is closely correlated with big vas bundle in mid-vein of leaf, the first internode's big vas bundle, primary branch duct of big vas bundle and secondary branch big vas bundles, but not correlated with leaf sheath vas bundle.

Key words two-line inter-subspecies hybrid rice; anatomical characteristics; difference

自 Mason 和 Maskell^[1]提出了“源库”学说后,对提高作物产量的理论与实践起到重大的指导和推动作用。水稻茎秆中的维管束是光合产物、水分、矿质营养等向穗部运转的通道,在“源、流、库”系统中行使“流”的功能。在水稻高产育种实践中,籽粒充实度差成为新的重要问题之一,籼粳亚种杂交稻库大源足而流不畅,空秕率高,流影响了籽粒灌浆^[2]。目前籼粳亚种杂交稻籽粒灌浆机理的研究主要集中在生理生化特性上,从形态解剖来探讨的绝大部分关注的是穗颈维管束性状,对于水稻不同器官或穗的不同部位的维管束的研究并不多见,而水稻的维管束不仅分布于穗颈,还分布于叶片、叶鞘、一次枝梗、二次枝梗等周身组织,故研究不同籽粒充度的品种间的形态解剖性状差异具有重要的理论意义与实践价值^[3-7]。本研究以 5 个籽粒充度存在差异的水稻品种为材料,对其穗颈、叶片、一次枝梗、二次枝梗和叶鞘的形态解剖性状进行了观测和差异性分析,为水稻形态解剖性状的遗传研究和育种提供理论依据,为水稻高产栽培与育种等提供技术途径。

1 材料与方 法

1.1 供试材料

以赣亚 1 号、两优培九、9311、培矮 64S 和 Hb-01 为供试材料。各材料类型和来源见表 1。培矮 64S 是广亲和籼型光温敏核不育系,需要在 18~23℃ 的冷水条件下才能繁殖。赣亚 1 号是用培矮 64S (母本)和 Hb-01(父本)配组育成的两系亚种间杂交稻。两优培九是培矮 64S(母本)与 9311(父本)配组育成的两系品种间杂交稻。5 个材料的籽粒充度大小顺序依次为:两优培九,9311,培矮 64S, Hb-01,赣亚 1 号。

表 1 供试材料

Tab 1 The experimental materials

品种 Variety	类型 Type	来源 Origin
培矮 64S Pei ai 64S	常规中籼	湖南杂交水稻研究中心
9311	常规籼稻	江苏里下河农科所
Hb-01	常规粳稻	江西滨湖农科所
两优培九 (培矮 64S×9311) Liangyoupeiji	品种间杂交稻	江苏省农业科学院
赣亚 1 号 (培矮 64S×Hb-01) Ganya No 1	亚种间杂交稻	江西滨湖农科所

1.2 试验设计

试验在江西农业大学实验田内进行,每穴 1 株,株行距为 20 cm×20 cm,小区间距为 26.4 cm,每小区 15~20 株,随机区组排列,3 次重复。根据各品种的生理特性调整播种期,错期播种,以使各品种同期抽穗。材料田间常规管理,均匀一致。

1.3 取样方法

齐穗开花期,各品种选择生长整齐一致、同日开花的主穗 50~80 个,挂上标签。各品种统一取样。抽穗第 7 d 挂牌主穗上分别取上部第 4 个一次枝梗和基部倒 2 位二次枝梗;蜡熟后期,挂牌主穗上分别取穗颈节下 2 cm 处茎秆、距叶枕 1/3 处剑叶、剑叶叶枕下方 3 cm 处叶鞘、上部第 4 个一次枝梗和基部倒 2 位二次枝梗;3 次重复。抽穗第 7 d 所取枝梗、蜡熟期所取穗颈节间、叶片、叶鞘和枝梗于 FAA 液中固定与保存。

1.4 测定项目及方法

1.4.1 维管束形态 采用常规石蜡切片法^[8-9]对蜡熟期所取叶片、叶鞘、穗颈节间和枝梗进行形态解

剖性状观察。

1.4.2 测量方法 在显微镜目镜中安装显微测微尺, 观察各器官的形态解剖性状^[9]。本研究中, 维管束即大维管束。维管束分木质部与韧皮部两部分, 木质部在内, 韧皮部在外; 木质部呈“V”形, “V”形的开口朝外; 韧皮部位于“V”字形木质部两臂之间。枝梗的横切面积由显微镜中安装网格侧微尺测量。茎秆的髓腔指水稻颈秆横切面“中空”的部分, 茎秆及其髓腔形状很规则, 以圆的面积公式计算其面积, 用游标卡尺进行测量; 茎壁面积是横切面积与髓腔面积之差。

各部位维管束面积 (S_{vb}) 和导管面积按椭圆形面积公式计算: $S_{vb} = \pi \cdot a \cdot b$ (1)

(1)式中 a 示维管束长轴, b 示维管束短轴。

木质部面积 (S_x) 用等腰三角形面积公式计算: $S_x = (1/2) \cdot c \cdot h$ (2)

(2)式中 c 示木质部“V”形口两臂连线长, h 示“V”的垂直高度。

韧皮部面积 (S_p) = S_{vb} - S_x

各品种穗颈、叶片、一次枝梗、叶鞘均取 5 次重复。形态解剖性状的品种间差异和相关分析采用 DPS 数据处理系统^[10]。

2 结果与分析

2.1 两系亚种间杂交稻及其亲本形态解剖性状

2.1.1 叶片形态解剖性状 在显微镜下观测亲本材料叶片各形态解剖性状, 得数据如表 2。从中可知, 除叶片侧脉大维管束面积、侧脉大维管束韧皮部面积、侧脉大维管束导管面积和主脉韧皮部面积 / 导管面积为 Hb-01 较大, 9311 较小外, 叶片其余各形态解剖性状均为 9311 最大, 培矮 64S 居中, Hb-01 最小。叶片主脉大维管束面积、主脉大维管束韧皮部面积、主脉大维管束导管面积、侧脉单个大维管束面积、侧脉单个大维管束韧皮部面积和侧脉单个大维管束导管面积均为两优培九较大, 赣亚 1 号较小。两优培九和赣亚 1 号叶片主脉和侧脉大维管束导管面积、大维管束韧皮部面积和大维管束总面积较小, 亲本材料 9311、Hb-01 和培矮 64S 较大。

表 2 叶片维管束形态解剖性状

Tab 2 The characteristics of vascular bundle in leaf

品种 Variety	侧脉单个	侧脉单个	侧脉单个	主脉大	主脉大维	主脉大维	侧脉韧皮	侧脉导管	侧脉韧	主脉韧皮	主脉导管	主脉韧皮
	大维管	大维管	大维管束	维管束	管束韧皮	管束导管	部面积 /	面积 /	皮部	部面积 /	面积 /	部面积
	束面积	束韧皮部	导管面积	面积	部面积	面积	维管	维管束	面积	维管束	维管束	导管
	/μm ²	面积 /μm ²	/μm ²	/μm ²	/μm ²	/μm ²	束面积	面积	/导管面积	面积	面积	面积
	AOBVS	APOVS	ADOVS	AAVM	APAVM	ADAVM	RPVS	RDVS	RPDS	RPVM	RDVM	RPDM
培矮 64S Pei' a64S	30 173	4 970	5397	61 217	12 683	27 054	0 16	0 18	0 92	0 32	0 54	0 47
9311	22 257	4 468	4 267	62 794	20 894	36 705	0 20	0 19	1 05	0 33	0 58	0 57
Hb-01	45 308	5 473	7 092	37 598	10 012	14 975	0 14	0 16	0 77	0 27	0 40	0 67
两优培九 Lianyoupei jiu	20 737	4 062	3 930	29 527	9 058	12 936	0 20	0 20	1 03	0 31	0 44	0 70
赣亚 1 号 Ganya No 1	6 839	1 005	1 825	9 197	4 882	9 730	0 15	0 27	0 55	0 53	1 06	0 50

AOBVS= The area for 1 big vas bundle in side- vein; APOVS= The area of phloem for 1 big vas bundle in side- vein; ADOVS= The area of duct for 1 big vas bundle in side- vein; AAVM = The area of all vas bundle in mid- vein; APAVM = The area of phloem for all vas bundle in mid- vein; ADAVM = The area of duct for all vas bundle in mid- vein; RPVS= Ratio of phloem & vas bundle in side- vein; RDVS= Ratio of duct & vas bundle in side- vein; RPDS= Ratio of phloem & duct in side- vein; RPVM = Ratio of phloem & vas bundle in mid- vein; RDVM = Ratio of duct & vas bundle in mid- vein; RPDM = Ratio of phloem & duct in mid- vein

分析结果表明, 叶片维管束形态解剖性状中, 就主脉大维管束面积、主脉大维管束韧皮部面积和主脉大维管束导管面积而言, 9311 比 Hb-01 大, 两优培九比赣亚 1 号大。说明两系亚种间杂交稻叶片主脉大维管束结构与亲本有着密切的关系, 亲本叶片主脉大维管束发育良好的品种, 其两系亚种间杂交稻

主脉大维管束发育也好,籽粒充实度也高;亲本叶片主脉大维管束发育不良的品种,其两系亚种间杂交稻主脉大维管束发育也不好,其籽粒充实度也差。因此,两系亚种间杂交稻籽粒充实度差与亲本叶片主脉大维管束发育不良正相关。

2.1.2 叶鞘形态解剖性状 亲本材料叶鞘各形态解剖性状数据见表 3。由表 3 可知,叶鞘大维管束面积、大维管束韧皮部面积、大维管束导管面积、韧皮部面积/维管束面积、导管面积/维管束面积和韧皮部面积/导管面积均为 Hb-01 最大,培矮 64S 居中,9311 最小。叶鞘大维管束面积、大维管束韧皮部面积、大维管束导管面积、导管面积/维管束面积、韧皮部面积/维管束面积和韧皮部面积/导管面积均为两优培九较大,赣亚 1 号较小。

表 3 叶鞘维管束形态解剖性状

Tab 3 The characteristics of vascular bundle in leaf sheath

品种 Variety	大维管束 面积 / μm^2	大维管束 韧皮部面积 / μm^2	大维管束导管 面积 / μm^2	维管束韧皮部面积 / 维管束面积	维管束导管 面积 /维管束面积	韧皮部总面积 /导管总面积
	ABV	APBV	ADBV	RAPVB	RADVB	RAPD
培矮 64S Pei'ai 64S	14 759	6 365	6 940	0.43	0.47	0.92
9311	13 943	4 948	5 514	0.35	0.40	0.9
Hb-01	16 395	7 972	8 664	0.49	0.53	0.92
两优培九 Lianyoupei jiu	8 957	4 902	5 035	0.55	0.56	0.97
赣亚 1 号 Ganya No 1	6 548	1 976	2 580	0.30	0.24	0.77

ABV = The area of big vas bundle; APBV = The area of phloem for big vas bundle; ADBV = The area of duct for big vas bundle; RAPVB = Ratio of area of phloem to vas Bundle; RADVB = Ratio of area of ducts to vas Bundle; RAPD = Ratio of area of phloem to ducts, the same as belows

结果表明,叶鞘维管束发育较差的 9311 和培矮 64S 配组的两优培九,叶鞘维管束发育较好,籽粒充实度也较高;叶鞘维管束发育良好的 Hb-01 和培矮 64S 配组的赣亚 1 号,叶鞘维管束发育不好,籽粒充实度也差。所以说,叶鞘大维管束发育好的品种,其两系亚种间杂交稻叶鞘大维管束发育不好,其籽粒充实度也差,即两系亚种间杂交稻叶鞘大维管束结构与其亲本叶鞘大维管束结构相关不显著。因此,两系亚种间杂交稻籽粒充实度与叶鞘大维管束发育程度相关性不显著。

2.1.3 穗颈节间形态解剖性状 在显微镜下观测亲本材料穗颈节间形态解剖性状,得数据表 4。从表 4 可知,穗颈节间维管束形态解剖性状

Tab 4 characteristics of vascular bundle in first internode

品种 Variety	大维管束个数	小维管束个数	单个大维管束面积	单个大维管束韧皮部面积	单个大维管束导管面积	维管束总面积	大维管束韧皮部总面积	大维管束导管总面积	单个小维管束面积	小维管束总面积	茎臂面积	横切面积
	NBV	NSV	μm^2 AOBV	μm^2 APOBV	μm^2 ADOBV	μm^2 AABV	μm^2 APABV	μm^2 ADABV	μm^2 AOSV	μm^2 AASV	μm^2 ACW	μm^2 ATI
培矮 64S Pei'ai 64S	31	42	32 639	7 209	7 253	837 051	237 591	184 751	3 368	162 053	5 822 725	7 360 021
9311	34	36	30 416	6 993	6 409	943 192	260 216	201 035	2 953	199 648	7 405 531	6 510 358
Hb-01	29	49	35 109	7 936	7 929	670 748	200 741	160 847	3 784	150 729	5 755 265	7 994 293
两优培九 Lianyoupei jiu	20	31	27 851	6 806	5 953	532 339	197 374	139 327	2 812	117 436	5 463 983	6 573 312
赣亚 1 号 Ganya No 1	8	18	10 285	2 130	1 976	210 853	122 842	31 708	1 172	67 492	541 548	937 046

Max = Maximum; Min = Minimum; R = range; CV = coefficient of variation; NBV = Number of big vas bundle; NSV = Number of small vas bundle; AOBV = The area for 1 big vas bundle; APOBV = The area of phloem for 1 big vas bundle; ADOBV = The area of duct for 1 big vas bundle; AABV = The area for all big vas bundles; APABV = The area for phloem of all big vas bundle; ADABV = The area for ducts of all big vas bundle; AOSV = The area for 1 small vas bundle; AASV = The area for all small vas bundle; ACW = The area of culm wall; ATI = The area of transverse sec for internode

4 可看出, 穗颈节间大维管束个数、大维管束总面积、小维管束总面积、大维管束韧皮部总面积、大维管束导管总面积和茎壁面积为 9311 最大, 培矮 64S 居中, Hb- 01 最小; 小维管束个数、单个大维管束面积、单个大维管束韧皮部面积、单个大维管束导管面积、单个小维管束面积和横切面积为 9311 最小, 培矮 64S 居中, Hb- 01 最大。说明 9311 穗颈节间大维管束发育较好, Hb- 01 穗颈节间大维管束发育不良。

由表 4 还可知, 穗颈节间各形态解剖性状均为两优培九较大, 赣亚 1 号较小。穗颈节间大维管束个数、小维管束个数、单个大维管束导管面积、大维管束总面积、大维管束韧皮部总面积、大维管束导管总面积、单个小维管束面积、茎壁面积和髓腔面积, 两系亚种间杂交稻较小, 亲本材料较大, 说明亲本材料穗颈节间大维管束比两系亚种间杂交稻穗颈节间大维管束发育得好。

结果表明, 穗颈节间大维管束发育好的 9311 和培矮 64S 配组的两优培九, 穗颈节间大维管束发育也好, 籽粒充实度也高; 穗颈节间大维管束发育不良的 Hb- 01 和培矮 64S 配组的赣亚 1 号, 穗颈节间大维管束发育也不好, 籽粒充实度也差。说明穗颈节间大维管束发育好的品种, 其两系亚种间杂交稻穗颈节间大维管束发育也好, 籽粒充实度也高。所以, 两系亚种间杂交稻籽粒充实度与亲本穗颈节间维管束发育有关。

2.1.4 上部一次枝梗形态解剖性状 亲本材料上部一次枝梗形态解剖性状的数据见表 5。从中可知, 一次枝梗大维管束韧皮部面积、小维管束总面积、小维管束韧皮部面积和小维管束导管面积为 Hb- 01 最大, 培矮 64S 居中, 9311 最小; 大维管束导管面积、韧皮部总面积、导管总面积和横切面积为 Hb- 01 最小, 培矮 64S 居中, 9311 最大。一次枝梗各形态解剖性状均为为两优培九较大, 赣亚 1 号较小。两系亚种间杂交稻及其亲本材料一次枝梗各形态解剖性状均为为两优培九和赣亚 1 号较小, 9311、Hb- 01 和培矮 64S 较大。说明两优培九一次枝梗维管束发育较好, 赣亚 1 号一次枝梗维管束发育较差; 亲本材料一次枝梗维管束发育较好, 两系亚种间杂交稻一次枝梗维管束发育较差。一次枝梗大维管束导管发育较好的 9311 和培矮 64S 配组的两优培九, 一次枝梗大维管束导管发育也好, 籽粒充实度也高; 一次枝梗

表 5 一次枝梗维管束形态解剖性状

Tab 5 The characteristics of vascular bundle in primary branch

品种 Variety	大维管束	大维管束	小维管束	小维管束	小维管束	横截	韧皮部	导管
	韧皮部面积	导管面积	面积	韧皮部面积	导管面积	面积	总面积	总面积
	μm^2	μm^2	μm^2	μm^2	μm^2	μm^2	μm^2	μm^2
APBV	ADBV	ASV	APSV	ADSV	ATI	AAP	AAD	
培矮 64S Pei ai 64S	16 401	49 709	15 397	4 217	6 703	327 054	17 305	89 472
9311	13 827	84 051	12 742	3 962	4 195	480 237	19 537	13 752
Hb- 01	19 729	10 397	20 492	9 420	9 501	407 416	13 072	10 575
两优培九 Lianyoupei jiu	10 795	7 922	15 980	3 933	3 716	394 920	12 585	9 859
赣亚 1 号 Ganya No 1	2 031	2 475	3 762	1 029	479	85 317	2 952	1 893

APBV = The area of phloem for big vascular bundle; ADBV = The area of duct for big vascular bundle; ASV = The area of small vascular bundle; APSV = The area of phloem for small vascular bundle; ADSV = The area of duct for small vascular bundle; ATI = The area of transverse section for internode; AAP = The area of all phloem; AAD = The area of all ducts

表 6 二次枝梗维管束形态解剖性状

Tab 6 The characteristics of vascular bundle in secondary branch

品种 Variety	大维管束韧皮部	大维管束导管	小维管束	横截面积	小维管束韧皮部
	面积 μm^2	面积 μm^2	面积 μm^2	μm^2	面积 μm^2
	APBV	ADBV	ASV	ATI	APSV
培矮 64S Pei ai 64S	1 671	589	97 037	3 261	2 418
9311	2 504	879	80 738	3 772	2 709
Hb- 01	1 375	543	120 659	4 386	4 170
两优培九 Lianyoupei jiu	1 364	527	79 530	2 004	1 473
赣亚 1 号 Ganya No 1	1 008	384	68 852	1 756	405

表 7 形态解剖性状的差异

Tab 7 The difference of characteristics of vascular bundle

特征值 Eigenvalues		品种间杂交稻及其亲本 Hybrid rice among species and their parents	亚种间杂交稻及其亲本 Hybrid rice among subspecies and their parents	品种间杂交稻 与亚种间杂交稻 Hybrid rice among species and subspecies
叶片 Leaf	侧脉大维管束面积 (AOBVS)	1.03 [*]	3.37 ^{**}	1.83 ^{**}
	侧脉大维管束韧皮部面积 (APOVS)	4.61	3.79 ^{**}	1.95 ^{**}
	侧脉大维管束导管面积 (ADOVS)	3.05	3.81 ^{**}	2.15 ^{**}
	主脉大维管束面积 (AAVM)	10.17 ^{**}	7.17 ^{**}	1.19 ^{**}
	主脉大维管束韧皮部面积 (APAVM)	12.48 ^{**}	15.73 ^{**}	3.72 ^{**}
	主脉大维管束导管面积 (ADAVM)	10.19 ^{**}	13.95 ^{**}	3.78 ^{**}
叶鞘 Leaf sheath	大维管束面积 (ABV)	3.74	2.06 [*]	3.05
	韧皮部面积 (APV)	1.04	1.72 ^{**}	2.91 ^{**}
	导管面积 (ADV)	2.47	2.07 ^{**}	5.77 ^{**}
穗颈节间 Fist internode	大维管束个数 (NBV)	5.17	5.08 ^{**}	1.64 ^{**}
	小维管束个数 (NSV)	4.94	5.19 ^{**}	3.72 ^{**}
	单个大维管束面积 (AOBV)	4.18 [*]	4.92 ^{**}	4.07 ^{**}
	单个大维管束韧皮部面积 (APOBV)	4.38	4.76 ^{**}	4.23 ^{**}
	单个大维管束导管面积 (ADOBV)	6.27 ^{**}	5.94 ^{**}	3.11 ^{**}
	大维管束总面积 (AABV)	5.35 [*]	5.96 ^{**}	5.84 ^{**}
	大维管束韧皮部总面积 (APABV)	3.07 ^{**}	4.78 ^{**}	2.04 ^{**}
	大维管束导管总面积 (ADABV)	5.29 ^{**}	4.67 ^{**}	6.09 ^{**}
	单个小维管束面积 (AOSV)	7.01	7.93 ^{**}	6.92 ^{**}
	小维管束总面积 (AASV)	6.94 ^{**}	9.46 ^{**}	1.06 ^{**}
	横切面积 (ATI)	10.32	7.29 ^{**}	4.98 ^{**}
	茎臂面积 (ACW)	7.53 ^{**}	7.92 ^{**}	3.04 ^{**}
	一次枝梗 Primary branch	大维管束韧皮部面积 (APBV)	3.32 [*]	1.97 ^{**}
大维管束导管面积 (ADBV)		2.07	2.41 ^{**}	5.06 ^{**}
小维管束总面积 (AASV)		4.18 [*]	3.02 ^{**}	2.73 ^{**}
小维管束韧皮部面积 (APASV)		2.99	2.57 ^{**}	4.38 [*]
小维管束导管面积 (APSV)		2.78 [*]	1.61 [*]	5.72 ^{**}
横切面积 (AT)		1.93 [*]	2.84 ^{**}	3.08 ^{**}
韧皮部总面积 (APAV)		6.27 [*]	4.58 ^{**}	2.99 ^{**}
导管总面积 (ADV)		4.02 [*]	1.89 ^{**}	5.92 ^{**}
二次枝梗 Secondary branch	韧皮部面积 (APAV)	1.96 [*]	1.02	3.74
	导管面积 (ADV)	1.05 [*]	1.48	2.79
	横切面积 (AT)	2.43	2.93 ^{**}	2.01

AOBVS= The area for big vas bundle in side-vein; APOVS= The area of phloem for big vas bundle in side-vein; ADOVS= The area of duct for big vas bundle in side-vein; AAVM = The area of all vas bundle in mid-vein; APAVM = The area of phloem for all vas bundle in mid-vein; ADAVM = The area of duct for all vas bundle in mid-vein; ABV = The area of big vas bundle; APV = The area of phloem for vas bundle; ADV = The area of duct for vas bundle; NBV = Number of big vas bundle; NSV = Number of small vas bundle; APABV = The area for phloem of all big vas bundle; ADABV = The area for duct of all big vas bundle; AASV = The area for all small vas bundles; AT = The area of trans sec; AN = The area of trans sec; ACW = The area of culm wall; APAV = The area for phloem of all vas bundle; *, ** 分别表示达 5%、1% 显著水平。Significance at 0.05 and 0.01 level respectively.

大维管束导管发育不好的 Hb-01 和培矮 64S 配组的赣亚 1 号, 一次枝梗大维管束导管发育也不好, 籽粒充实度也差。因此, 两系亚种间杂交稻籽粒充实度与亲本一次枝梗大维管束导管发育有相关。

2.1.5 下部二次枝梗形态解剖性状 亲本下部二次枝梗形态解剖性状数据见表 6 得出 9311 下部枝梗大维管束韧皮部面积和导管面积较大, Hb-01 较小; 而横切面积、小维管束韧皮部面积和导管面积为 9311 较小, Hb-01 较大。各项指标均为两优培九较大, 赣亚 1 号较小。说明两优培九下部枝梗发育较好, 赣亚 1 号发育较差。结果表明, 大维管束韧皮部面积和导管面积较大的 9311 和培矮 64S 配组的两优培九, 大维管束韧皮部面积和导管面积也较大, 籽粒充实度也高; 大维管束韧皮部面积和导管面积较小的 Hb-01 和培矮 64S 配组的赣亚 1 号, 大维管束韧皮部面积和导管面积也较小, 籽粒充实度也差。因此, 两系亚种间杂交稻籽粒充实度与其亲本下部二次枝梗大维管束发育好坏有关。

2.2 两系杂交稻及其亲本形态解剖性状差异分析

由表 7 可知, 两系杂交稻及其亲本材料间, 绝大部分形态解剖性状存在显著或极显著差异。品种间杂交稻及其亲本、两系亚种间杂交稻及其亲本、品种间杂交稻与两系亚种间杂交稻的叶片主脉大维管束面积、主脉大维管束韧皮部面积、主脉大维管束导管面积、穗颈节间单个大维管束导管面积、大维管束韧皮部总面积、大维管束导管总面积、小维管束总面积、颈臂面积之间的差异均达到极显著水平。

3 小结与讨论

(1) 两系亚种间杂交稻及其亲本材料间, 绝大部分形态解剖性状存在显著或极显著差异。与王锋尖^[11]等人的研究结果基本一致。

(2) 有报道称两系亚种间杂交稻籽粒充实差可能与输导组织不畅有关^[12-13]。又有学者对常规稻研究并指出穗颈大维管束数目与大穗的形成密切相关^[14], 表明输导组织(特别是穗颈输导组织)的性能在一定程度上影响着籽粒灌浆物质的运转。马均^[15]报道, 两系亚种间杂交稻(II 优 162 冈优 881)的维管束发育优于品种间杂交稻汕优 63 从而促进了二次枝梗颖花数。本试验得出叶片主脉大维管束面积、主脉大维管束韧皮部面积、主脉大维管束导管面积、穗茎节间大维管束个数、大维管束总面积、小维管束总面积、大维管束韧皮部总面积、大维管束导管总面积、茎壁面积、上部一次枝梗大维管束导管面积、韧皮部总面积、导管总面积、横切面积、下部二次枝梗大维管束韧皮部面积和导管面积, 两优培九比赣亚 1 号大, 9311 比 Hb-01 大。叶鞘大维管束面积、大维管束韧皮部面积和大维管束导管面积, 两优培九比赣亚 1 号大, 9311 比 Hb-01 小。两系亚种间杂交稻籽粒充实度与叶片主脉大维管束、穗茎节间大维管束、上部一次枝梗大维管束导管和下部二次枝梗大维管束发育呈正相关性, 与叶鞘大维管束结构关系不明显。

参考文献:

- [1] Mason T G, Maskelle E. Studies on the transport of carbohydrates in the cotton plant II The factors determining the rate and the direction of movement of sugars [J]. Annals of Botany, 1928, 42(3): 571-636
- [2] 袁隆平. 两系杂交水稻研究进展 [J]. 中国水稻科学, 1990, 23(3): 1-6
- [3] 马均, 马文波, 周开达, 等. 水稻不同穗型品种穗颈节间组织与籽粒充实特性的研究 [J]. 作物学报, 2002, 28(2): 215-220
- [4] 钟卫华, 肖辉海, 梁满中, 陈良碧. 隐性长穗颈温敏核不育水稻穗颈节间的细胞学观察 [J]. 作物学报, 2005, 31(5): 592-595
- [5] MOHAPATRA P K, SAHU S K. Heterogeneity of primary branch development and spikelet survival in rice panicle in relation to assimilates of primary branches [J]. Journal of Experimental Botany, 1991, 42(7): 871-879
- [6] Smith C W, Dilday R H. Rice morphology and development. In: Rice origin, history, technology and production [M]. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc, 2003, 103-128
- [7] Liu G L, Mei H W, Yu X Q, et al. QTL analysis of panicle neck diameter, a trait highly correlated with panicle size, under well-watered and drought conditions in rice (*Oryza sativa* L.) [J]. Plant Science, 2008, 174(1): 71-77
- [8] 陈学斌, 徐晓洁. 两系杂交稻营养生理特征研究 [J]. 湖南农业科学, 1991, 20(1): 7-9
- [9] 郑国昌. 生物显微技术 [M]. 北京: 人民教育出版社, 1978, 43-120

- [10]黄璜. 生态条件对水稻茎秆维管束数的影响 [J]. 仲恺农业技术学院学报, 1994, 7(2): 9- 15.
- [11]王锋尖, 黄英金, 李德荣, 等. 水稻形态解剖性状间的相关分析研究 [J]. 江西农业大学学报, 2004, 26(4): 477- 484.
- [12]黄璜. 水稻穗颈节间组织与颖花数的关系 [J]. 作物学报, 1998, 24(3): 193- 200.
- [13]陶澜, 程艳军, 谢戎, 等. 水稻维管束及其相关性状的基因效应分析 [J]. 中国农业科学, 2004, 37(12): 1933- 1937.
- [14]简令成. 植物酶细胞化学的电子显微镜研究方法 [J]. 细胞生物学杂志, 1980, 2(4): 37- 44.
- [15]马均, 周开达. 亚种间重穗型杂交稻穗颈维管束与穗部性状的关系 [J]. 西南农业学报, 2001, 14(3): 1- 5.

(上接第 1088 页)

- [18]赵全志, 丁艳锋, 王强盛, 等. 水稻叶色变化与氮素吸收的关系 [J]. 中国农业科学, 2006, 39(5): 916- 921.
- [19]王绍华, 吉志军, 刘胜环, 等. 水稻氮素供需差与不同叶位叶片氮转运和衰老的关系 [J]. 中国农业科学, 2003, 36(11): 1261- 1265.
- [20]梁建生, 曹显祖, 张海燕, 等. 水稻籽粒灌浆期间茎鞘贮藏物质含量变化及其影响因素的研究 [J]. 中国水稻科学, 1994, 8(3): 151- 156.
- [21]李木英, 潘晓华, 石庆华, 等. 两系杂交稻结实期茎鞘物质转运特性及其对籽粒灌浆影响的初步研究 [J]. 江西农业大学学报, 1998, 20(3): 296- 302.
- [22]杨建昌, 张文虎, 王志琴, 等. 水稻新株型与粳/籼杂种源库特征与物质运转的研究 [J]. 中国农业科学, 2001, 34(5): 511- 518.
- [23]李木英, 石庆华, 黄才立, 等. 穗肥运筹对超级杂交稻淦鑫 688 源库特征和氮肥效益的影响 [J]. 杂交水稻, 2010, 25(2): 63- 72.
- [24]许乃霞, 杨益花. 抽穗后水稻根系活力与地上部叶片衰老及净光合速率相关性的研究 [J]. 安徽农业科学, 2009, 37(5): 1919- 1921.
- [25]Taichiro Ookawa, Yukiko Nauoka, Ayumi Sayama, et al. Cytokinin effects on ribulose- 1, 5- b isphosphate carboxylase/oxygenase and nitrogen partitioning in rice during ripening [J]. Crop Science, 2004, 44(6): 2107.