

DIO:10.3724/SP.J.1238.2011.00115

散穗与密穗型水稻穗上不同部位籽粒的粒重及抗性淀粉含量

杨树明^{1a,1b}, 夏小环², 谢勇武³, 曾亚文^{1a,1b*}, 杜娟^{1a,1b}, 杨涛^{1a,1b}, 普晓英^{1a,1b}, 白建明⁴

(1.云南省农业科学院 a.生物技术与种质资源研究所; b.云南省农业生物技术重点实验室, 云南 昆明 650223; 2.黄冈师范学院 化学与生命科学学院, 湖北 黄冈 438000; 3.昆明田康科技有限公司, 云南 昆明 650231; 4.楚雄州种子管理站, 云南 楚雄 675000)

摘要: 以散穗型和密穗型水稻品系为材料, 研究穗上不同部位和粒位的粒重及籽粒抗性淀粉含量的差异及其分布特点。结果表明: 在稻穗同一部位, 一次枝梗籽粒千粒重和抗性淀粉含量高于二次枝梗; 一次枝梗籽粒千粒重上部最高, 且变异度显著小于中、下部; 散穗型水稻中部籽粒的抗性淀粉含量相对较高, 密穗型以下部较高; 同一枝梗不同粒位间抗性淀粉含量均表现为顶部粒位相对较高, 基部粒位较低, 千粒重分布则相反。

关键词: 水稻; 穗型; 粒位; 抗性淀粉; 千粒重

中图分类号: S511.01 文献标志码: A 文章编号: 1007-1032(2011)02-0115-05

Distribution of the grain weight and resistant starch content at different positions within a rice panicle between loose panicle and compact panicle

YANG Shu-ming^{1a,1b}, XIA Xiao-huan², XIE Yong-wu³, ZENG Ya-wen^{1a,1b*}, DU Juan^{1a,1b},
YANG Tao^{1a,1b}, PU Xiao-ying^{1a,1b}, BAI Jian-ming⁴

(1.a.Biotechnology and Genetic Resources Institute; b.Agricultural Biotechnology Key Laboratory of Yunnan Province, Yunnan Academy of Agricultural Sciences, Kunming 650223, China; 2. School of Chemistry and Life Science, Huanggang Normal University, Huanggang Hubei 438000, China; 3. Kuming Tiankang Science Technology Limited Company, Kunming 650231, China; 4.Seed Management Station of Chuxiong State, Chuxiong, Yunnan 675000, China)

Abstract: Difference in 1 000-grain weight (GW) and resistant starch content (RSC) among the grains at different position and different grains between the loose and compact panicle types were studied. The results showed that the GW and RSC on the primary branches were greater than those on the secondary branches in both types at the same position within a panicle. On the primary branch, the GW of upper grain in a panicle was the greatest, and it had significantly less variation than that of middle and bottom grain; The RSC of middle grain was higher than that of upper and basal grain in loose panicle type rice while that of basal grain was the greatest in compact panicle type rice. On the same branch, the high RSC of different positions appeared at upper grain while low RSC was generally at the bottom grain. On the contrary, the high GW was distributed in the bottom grain.

Key words: rice; panicle type; grain position; resistant starch; grain weight

提高水稻抗性淀粉(RS)含量对改善人体健康有着重要的意义^[1-4]。研究表明, 稻穗上、中部的颖花分化早, 成为强、中势花, 而下部颖花分化迟, 成为弱势花^[5], 不同部位籽粒的结实能力^[6-7]、籽粒激素含

收稿日期: 2011-03-01

基金项目: 国家自然科学基金项目(31060186); 云南省自然科学基金项目(2010CD006); 云南省重点新产品开发计划项目(2010BB001); 昆明市创新型试点企业项目(10N060204)

作者简介: 杨树明(1973—), 男, 云南武定县人, 副研究员, 从事功能性作物种质资源、遗传育种及其生态环境研究, yangshuming126@126.com; 夏小环为并列第一作者; *通信作者, zengyw1967@126.com

量和关键酶活性^[8-9]、籽粒碾米品质^[10-11]、籽粒蛋白性状^[12]、籽粒中重金属含量的品种和粒位效应^[13]、籽粒营养和蒸煮品质^[14]等方面存在差异。目前有关水稻抗性淀粉特性和育种的研究已有一些报道^[15-20],但迄今有关水稻穗部不同粒位籽粒抗性淀粉含量的差异及其与粒重的关系,以及穗部不同粒位着粒密度对籽粒抗性淀粉含量的影响尚无系统研究。

笔者选用穗着粒密度差异较大(密穗型和散穗型)的晚粳稻品系,种植在相同生态条件下,对2种穗型粳稻穗内不同部位和粒位的粒重及其抗性淀粉含量的分布特征进行比较,旨在深化对水稻穗部籽粒发育与抗性淀粉含量变化规律的认识,为高抗性淀粉水稻穗型育种提供理论依据。

1 材料与方 法

1.1 材 料

试验于2010年在云南省玉溪农业职业技术学院试验农场(海拔高度1638m)进行。供试品系为以合系35作轮回亲本选育的晚粳稻散穗型品系PX1(麻蚌谷/合系35组合BC₄F₅);密穗型品系PX2(冷水谷1/合系35组合BC₄F₅)。两品系由云南省农业科学院生物技术与种质资源研究所选育,生育期均为170d。

1.2 方 法

试验按完全随机区组设计,小区面积13.33m²,重复3次。3月27日播种,5月16日移栽,插秧

规格20cm×10cm,每穴2苗,其他栽培管理同常规生产田。收获时调查株高、穗长、主穗实粒数和总粒数等农艺性状。在抽穗期每小区选生长基本一致、同日抽穗的稻穗约200个,挂牌标记。成熟期每小区随机取穗型一致的标记穗100个,按穗上枝梗部位及粒位分类取样。PX1一个稻穗有10个一次枝梗,定义顶端的3个为穗上部,中部的3个为穗中部,基部的4个为穗下部。PX2一个稻穗有12个一次枝梗,定义上、中、下3个部位各含4个一次枝梗。按文献[11]的稻穗结构模式图将一次枝梗上的第1至第6粒分成6个粒位,将二次枝梗上的第1至第4粒分成4个粒位。穗上同一部位、同一粒位的籽粒合并,经自然风干后剔除空瘪粒,加工成糙米,粉碎后过孔径0.106mm筛,按Goni法^[17]测定糙米抗性淀粉含量。

1.3 数据 处 理

利用Excel和Spss11.5进行数据处理和分析。

2 结果与分 析

2.1 2种穗型品系水稻的农艺性状

由表1可知,供试品系株高、穗长和结实率均接近轮回亲本合系35。2个品系间除株高相近外,其穗部性状上存在一定差异,尤其着粒密度的差异较为明显。散穗型品系PX1表现为总粒数和实粒数较少,着粒密度较小;密穗型品系PX2则表现相反。

表1 供试水稻的农艺性状

Table 1 Panicle traits and grain yield of two lines tested in rice

品系	株高/cm	主穗总粒数/粒	主穗实粒数/粒	穗长/cm	穗着粒密度/(粒·cm ⁻²)	结实率/%	千粒重/g
PX1	95.1	115.0	94.1	18.9	4.98	81.8	27.1
PX2	97.5	162.0	138.8	17.5	7.93	85.7	26.6
轮回合系35	91.2	153.0	117.7	19.7	5.97	76.9	24.8
供体麻蚌谷	139.5	194.2	86.4	24.6	3.51	44.5	25.4
供体冷水谷1	180.1	178.8	166.7	29.1	5.72	93.2	24.9

2.2 穗上不同部位籽粒的千粒重与抗性淀粉含量

由表2可知,两供试品系穗部不同部位抗性淀粉含量与千粒重的差异因穗型而异。PX1一次枝梗

上不同部位间千粒重差异显著,且中部变异最大;二次枝梗上籽粒的千粒重以下部最低,变异最大,但上、中部的差异不显著。一次枝梗上籽粒的抗性

淀粉含量以中部最高，变异最小，上、下部的差异不显著，但变异较大；二次枝梗籽粒的抗性淀粉含量 3 个部位间差异显著，中部最高，下部最低，中部变异较小。PX2 在一、二次枝梗部位间籽粒的千粒重差异不显著，均表现为穗上部大于穗中、下部；一、二次枝梗上抗性淀粉含量均以穗下部最高，且

一次枝梗穗中、下部显著高于上部，但变异较大，二次枝梗部位间差异较小。两供试品系总体趋势表现为：一次枝梗上籽粒的千粒重与抗性淀粉含量大于二次枝梗上的籽粒，上部籽粒千粒重的变异显著小于中、下部。

表 2 穗上不同部位籽粒的千粒重和抗性淀粉含量

Table 2 Grain weight and resistant starch content at different positions in a panicle for the two rice lines

品系	穗上部位	一次枝梗				二次枝梗			
		千粒重/g	变异系数	RS含量/%	变异系数	千粒重/g	变异系数	RS含量/%	变异系数
PX1	上部	29.53a	2.87	2.24b	27.49	26.57a	7.39	2.00b	17.03
	中部	26.84c	13.87	3.67a	11.14	26.72a	7.67	3.51a	8.68
	下部	28.35b	5.06	2.42b	59.53	24.55b	14.81	0.84c	13.76
PX2	上部	27.76	4.13	0.82b	10.64	25.99	2.28	0.70	8.83
	中部	26.93	5.76	1.46a	53.58	25.84	4.79	0.59	9.26
	下部	27.72	5.47	1.50a	72.43	25.31	10.93	0.88	20.95

2.3 2 种穗型品系不同粒位籽粒的千粒重

由表 3 可知，2 种穗型水稻一、二次枝梗上不

同粒位千粒重总趋势表现为顶部粒位的相对较低。散穗型品系 PX1 一次枝梗上部各粒位粒重从大到

表 3 水稻穗上不同粒位籽粒的粒重和抗性淀粉含量

Table 3 Grain weight and resistant starch content at different positions in a panicle for the rice lines

穗上部位	粒位	一次枝梗				二次枝梗			
		PX1		PX2		PX1		PX2	
		千粒重/g	RS含量/%	千粒重/g	RS含量/%	千粒重/g	RS含量/%	千粒重/g	RS含量/%
上部	1	29.17b	2.56a	26.67d	0.82	26.88b	2.34a	25.71b	0.77
	2	28.67c	2.80a	26.15d	0.95	28.18a	2.16a	25.79b	0.70
	3	29.33b	2.49a	29.17a	0.89	27.89a	1.94b	26.88a	0.69
	4	31.00a	1.11c	28.33b	0.76	23.33c	1.55c	25.61b	0.62
	5	30.00b	2.52a	28.46ab	0.77				
	6	29.00bc	1.98b	27.78c	0.72				
中部	1	22.50d	3.88a	27.14b	2.27a	25.25c	3.72a	27.03a	0.53
	2	22.22d	3.87a	26.11c	2.58a	26.50b	3.59a	24.57c	0.66
	3	27.00c	3.84a	24.71d	1.31b	29.69a	3.06b	26.77a	0.59
	4	28.89b	3.78a	27.65b	0.86c	25.45c	3.67a	25.00b	0.57
	5	31.25a	3.82a	29.33a	0.77d				
	6	29.17b	2.84b	26.67c	0.94c				
下部	1	26.25d	4.06a	27.06b	2.66b	22.67b	0.89	26.00b	1.08a
	2	27.06c	3.92a	25.56c	3.00a	22.67b	0.98	21.90d	0.83b
	3	29.44a	2.94b	28.95a	1.43c	22.86b	0.78	24.78c	0.71b
	4	30.00a	1.91c	29.41a	0.45e	30.00a	0.72	28.57a	0.71b
	5	28.46ab	0.72e	28.67a	0.81d				
	6	28.89ab	0.99d	26.67b	0.65d				

小依次为第4、第5、第3、第1、第6、第2,第4粒位的显著高于其他粒位;中部依次为第5、第6、第4、第3、第1、第2,第5粒位的显著高于其他粒位;下部依次为第4、第3、第6、第5、第2、第1,第1粒位的显著低于其他粒位。二次枝梗各粒位粒重从大到小,上部依次为第2、第3、第1、第4,第2和第3粒位的显著高于其他粒位;中部依次为第3、第2、第4、第1,第3粒位的显著高于其他粒位;下部依次为第4、第3、第1、第2,第4粒位的显著高于其他粒位。密穗型品系PX2一次枝梗各粒位粒重从大到小,上部依次为第3、第5、第4、第6、第1、第2,第3粒位的显著高于其他粒位;中部依次为第5、第4、第1、第6、第2、第3,第5粒位的显著高于其他粒位;下部依次为第4、第3、第5、第1、第6、第2,第2粒位的显著低于其他粒位。二次枝梗各粒位粒重从大到小,上部依次为第3、第2、第1、第4,第3粒位显著高于其他粒位;中部依次为第1、第3、第4、第2,第2粒位的显著低于其他粒位;下部依次为第4、第1、第3、第2,各粒位间差异显著。

2.4 2种穗型品系不同粒位籽粒的抗性淀粉含量

由表3可知,同一稻穗内不同籽粒间抗性淀粉的变化与其相应的粒位有关。2种穗型水稻材料一、二次枝梗上不同粒位间抗性淀粉含量均表现为顶部粒位相对较高,基部粒位相对较低。散穗型品系PX1一次枝梗各粒位抗性淀粉含量从大到小,上部依次为第2、第1、第5、第3、第6、第4,其中第1、第2、第3、第5粒位的显著高于第4、第6粒位;中部依次为第1、第2、第3、第5、第4、第6,第6粒位的显著低于其他粒位;下部依次为第1、第2、第3、第4、第6、第5,其中第1、第2粒位的显著高于其他粒位。二次枝梗各粒位抗性淀粉含量从大到小,上部依次为第1、第2、第3、第4,第4粒位的显著低于其他粒位;中部依次为第1、第4、第2、第3,其中第3粒位的显著低于其他粒位;下部依次为第2、第1、第3、第4,各粒位间差异均不显著。密穗型品系PX2一次枝梗各粒位抗性淀粉含

量从大到小,上部依次为第2、第3、第1、第5、第4、第6,各粒位间差异均不显著;中部依次为第2、第1、第3、第6、第4、第5,其中第1、第2粒位的显著高于其他粒位;下部依次为第2、第1、第3、第5、第6、第4,其中第1、第2粒位的显著高于其他粒位。二次枝梗各粒位抗性淀粉含量从大到小,上部依次为第1、第2、第3、第4,各粒位间差异不显著;中部依次为第2、第3、第4、第1,各粒位间差异不显著;下部依次为第1、第2、第3、第4,第1粒位的显著高于其他粒位。

3 结论与讨论

本研究表明,2种穗型材料不同部位籽粒千粒重的变化趋于一致,穗上一次枝梗高于二次枝梗;一次枝梗籽粒千粒重上部最高,且变异度显著小于中、下部;同一枝梗上不同粒位间千粒重2种穗型材料均表现为第4或第5粒位较高,第1或第2粒位较低,二次枝梗粒位排序规律不如一次枝梗明显。

从本研究结果看,散穗型品系整穗籽粒的抗性淀粉含量高于密穗型品系。虽然2种穗型水稻材料均表现为在稻穗同一部位抗性淀粉含量一次枝梗高于二次枝梗;在同一枝梗上不同粒位间抗性淀粉含量均以顶部粒位(第1或第2粒位)相对较高,基部粒位(第5或第6粒位)相对较低这一基本趋势。但就整穗不同部位而言,2种穗型间抗性淀粉含量存在较大差异,即散穗型水稻材料中部籽粒的抗性淀粉含量相对较高,密穗型以下部较高。不论是整穗不同部位间,还是同一枝梗上不同粒位间均表现为密穗型材料抗性淀粉含量变化显著大于散穗型材料,这一结果与朱海江等^[19]研究直链淀粉含量粒位分布特征结果相似。笔者推测,这可能是由密穗型材料穗部着粒密度大、空秕率高、粒间成熟不一致等造成的。

张淑梅等^[20]的研究表明,水稻抗性淀粉含量与千粒重呈显著或极显著负相关,而与直链淀粉含量呈显著或极显著正相关。王余龙等^[6-7]认为,稻穗不同部位籽粒的粒重高低与籽粒开花顺序没有必然联系。从本研究结果看,2种穗型水稻材料不同

部位和不同粒位间千粒重和抗性淀粉含量呈相反趋势,即千粒重高低虽有一定的规律性,但其高低并不一定与颖花开放时间(迟)一致,而抗性淀粉含量与颖花开放时间基本一致,且表现出明显的顶端优势,说明抗性淀粉含量高低与颖花开放的时间、“源”和“库”关系有必然的联系。从这一角度看,注意协调水稻品种的“源”和“库”关系、适当减低其稻穗粒位间粒重差异、提高水稻品种直链淀粉含量均有利于提高水稻籽粒抗性淀粉的含量。

参考文献:

- [1] Bjorck I, Nyman M, Pedersen B, et al. On the digestibility of starch in wheat bread studies *in vitro* and *in vivo*[J]. *Journal of Cereal Science*, 1986(4): 1–11.
- [2] Yamada Yuji, Hosoya Seio, Nishimura Shigeru, et al. Effect of bread containing resistant starch on postprandial blood glucose levels in humans[J]. *Bioscience, Biotechnology and Biochemistry*, 2005, 69(3): 559–566.
- [3] Sajilata M G, Singhal R S, Kulkarni P R. Resistant starch: A Review[J]. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 2006(5): 1–17.
- [4] Brown I L. Applications and uses of resistant starch[J]. *Journal Association of Official Analytical Chemists*, 2004, 87(3): 727–732.
- [5] 谢光辉, 杨建昌, 王志琴, 等. 水稻籽粒灌浆特性及其与籽粒生理活性的关系[J]. *作物学报*, 2001, 27(5): 557–565.
- [6] 王余龙, 姚友礼, 李芸云, 等. 水稻不同粒位籽粒的结实能力[J]. *作物学报*, 1995, 21(4): 434–441.
- [7] 王余龙, 姚友礼, 徐家宽, 等. 稻穗不同部位籽粒的结实能力[J]. *作物学报*, 1995, 21(1): 29–38.
- [8] 董明辉, 刘晓斌, 陆春泉, 等. 外源 ABA 和 GA 对水稻不同粒位籽粒主要米质性状的影响[J]. *作物学报*, 2009, 35(5): 899–906.
- [9] 董明辉, 赵步洪, 吴翔宙, 等. 水稻结实期不同粒位籽粒相关内源激素含量和关键酶活性的差异及其与品质的关系[J]. *中国农业科学*, 2008, 41(2): 370–380.
- [10] 董明辉, 桑大志, 王朋, 等. 水稻穗上不同部位籽粒碾米品质的差异[J]. *中国农业科学*, 2005, 38(10): 1973–1979.
- [11] 金峰, 陈书强, 徐正进, 等. 直立与弯曲穗型水稻穗上不同部位籽粒碾磨品质的比较[J]. *中国水稻科学*, 2008, 22(2): 167–174.
- [12] 董明辉, 桑大志, 王朋, 等. 水稻穗上不同部位籽粒垩白性状的差异[J]. *作物学报*, 2006, 32(1): 103–111.
- [13] 程旺大, 张国平, 姚海根, 等. 晚粳稻籽粒中砷、镉、铬、镍、铅等重金属含量的品种和粒位效应[J]. *中国水稻科学*, 2005, 19(3): 273–279.
- [14] 陈书强, 金峰, 董丹, 等. 两种穗型粳稻穗上不同粒位籽粒几个营养和蒸煮品质性状的比较分析[J]. *作物学报*, 2008, 34(4): 641–652.
- [15] 杨朝柱, 李春寿, 舒小丽, 等. 富含抗性淀粉水稻突变体的淀粉特性[J]. *中国水稻科学*, 2005, 19(6): 516–520.
- [16] 曾亚文, 杨树明, 杜娟, 等. 高抗性淀粉稻米防止慢性病研究进展[J]. *农业科技通讯*, 2009(1): 37–39.
- [17] Goni I, Manas E, Garcia-Diz L, et al. Analysis of resistant starch: A method for food and food products[J]. *Food Chemistry*, 1996, 56: 445–449.
- [18] 张亚东, 王才林, 林静, 等. 水稻粒重的粒位效应及遗传分析[J]. *江西农业学报*, 2007, 19(6): 15–18.
- [19] 朱海江, 程方民, 王丰, 等. 两种穗型粳稻穗内粒间直链淀粉含量变异与粒位分布特征[J]. *中国农业科学*, 2004, 18(4): 321–325.
- [20] 张淑梅, 张建明, 李丁鲁, 等. 高抗性淀粉粳稻新品系稻米淀粉链长分布与主要品质特征差异[J]. *中国农业科学*, 2009, 42(6): 2237–2243.

责任编辑: 杨盛强

英文编辑: 易来宾