

两系法杂交水稻抽穗结实期干物质积累与分配的动态变化及其杂种优势研究

陈小荣¹, 钟 蕾¹, 左清凡²

(1 江西 农业大学 江西省作物生理生态与遗传育种重点实验室, 江西 南昌 330045; 2 湛江师范学院, 广东 湛江 524048)

摘要: 从单茎水平上探讨了 25 个水稻两系杂种(含亚种间)抽穗结实期叶、茎鞘、穗以及单茎植株干物质积累、分配动态; 考察了干物质积累、分配与籽粒产量的关系, 并通过杂种与其相应父本的差异比较, 分析了干物质积累的杂种优势。结果表明: 杂种干物质变化存在因组合不同而异的特点, 总体上开花期叶片和茎鞘部干物质积累达到最大值, 穗部和单茎植株干物质积累在籽粒灌浆末期达到最大值。叶和茎鞘干物质所占比例从抽穗之日起呈下降趋势, 穗部所占比例则一直上升; 抽穗后第 1~7 d, 茎鞘为干物质的主要贮存器官, 至抽穗后第 14 d 穗部转变为干物质的主要贮存器官。单茎籽粒产量与抽穗后叶干物质积累呈正相关关系, 且以抽穗后第 1~7 d 相关系数较大; 抽穗后第 1 d 茎鞘干物质积累与单茎籽粒产量呈正相关关系, 自第 7 d 始转为负相关关系; 籽粒产量与抽穗后穗部和单茎干物质积累量呈正相关关系; 籽粒产量与单茎干物质积累在各器官中分配的相关趋势和籽粒产量与各器官干物质积累的相关趋势基本一致。多数组合抽穗后叶、茎鞘、单茎植株干物质积累表现出负向父本优势, 单茎穗干物质则表现出正向父本优势的组合数多, 单茎籽粒产量和结实率的父本优势表现出因组合不同而异的特点。

关键词: 两系杂交水稻; 干物质积累与分配; 杂种优势; 相关关系

中图分类号: S126

文献标识码: A

文章编号: 1001-411X(2005)03-0005-05

The dynamic of dry matter accumulation and distribution and its heterosis during the panicle heading to grain filling in two-line hybrid rice

CHEN Xiao-rong¹, ZHONG Lei¹, ZUO Qing-fan²

(1 Key Laboratory of Crop Physiology, Ecology, Genetic and Breeding, Jiangxi Province, Jiangxi Agricultural University, Nanchang 330045, China; 2 Zhanjiang Normal College, Zhanjiang 524048, China)

Abstract: The dynamic of dry matter accumulation and distribution of various plant parts, the correlation between them with the yield, and their heterosis by comparing the hybrids to their male-parent from the level of per stem during the panicle heading to grain filling in 25 two-line hybrid rices were studied. The results showed: The variability of the dry matter accumulation and distribution was different among each hybrid, match on the whole, dry matter accumulation of leaf and stem-sheath was the greatest at flowering stage, while that of panicle and stem-plant peaked at the end of filling stage. The proportion of dry matter of leaf and stem-sheath of most hybrids appeared downtrend from the day of panicle heading, while that of panicle ascended at all times. Stem-sheath was the main dry matter storage organ from the 1 to 7 days after heading, while panicle changed into the main dry matter storage organ at 14 days after heading. The correlation between per panicle yield with leaf dry matter after heading was positive, and the correlation coefficient was high from 1 to 7 days. The correlation between per panicle yield with stem-sheath dry matter at 1 day was positive too, while it changed into negative from 7 days after heading. The correlation between per panicle yield with panicle dry matter and the whole stem-plant parts after heading were positive. The correlation between per panicle with dry matter distribution of various plant parts after heading was basically consistent with that of dry matter accumulation. Dry matter accumulation of leaf, stem-sheath, stem-plant of most hybrid matches appeared negative

收稿日期: 2004-09-28

作者简介: 陈小荣(1972-), 男, 副教授, 博士。通讯作者: 左清凡(1962-), 男, 教授, 博士;

E-mail: zuoqf2003@163.com

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(30160035); 江西省自然科学基金资助项目(0230044)

©1994-2016 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. <http://www.cnki.net>

male-parent heterosis, while that of panicle showed positive, and male-parent heterosis of per stem grain yield and seed-setting rate appeared different on the basis of different hybrids.

Key words: two-line hybrid rice; dry matter accumulation and distribution; heterosis; correlation

随着光温敏核不育水稻的发现和两系法杂交水稻研究的深入开展,我国在杂交水稻研究方面继三系法之后又取得了重大突破^[1]。两系法杂交稻组合,特别是亚种间组合表现出物质生产能力强、穗大粒多等超高产潜力,但同时存在结实率低、籽粒充实度差、空秕粒高等影响产量优势发挥的障碍因素^[2~7]。有关两系杂交水稻干物质积累、分配及其与籽粒产量、结实率、籽粒充实度等的关系,特别是以干物质积累、分配为基础,从源库关系角度等方面,前人已做了较为广泛的研究^[2~15]。值得指出的是,以往的这些研究大多数居于群体或单丛(株)水平,且通常是对全生育过程并将其划分为若干个主要生育阶段来进行的,一次性分析所用杂种遗传分化水平也不是很高,提供的信息量不是很丰富。本研究利用几个粳型亲籼品系(种)与几个光温敏核不育系(籼粳均含)杂交,配制出 25 个不同遗传分化的水稻两系杂种,采用标记穗方法,从单茎水平上集中对两系杂交水稻抽穗结实期干物质积累及其在叶片、茎鞘和穗等器官的分配动态、干物质积累与分配的杂种优势及其与结实率、籽粒产量的关系进行研究,目的是探讨两系杂交水稻产量优势形成的物质生产及其在器官中的分配基础,以期对两系法水稻杂种优势的进一步研究利用提供参考。

1 材料与方法

1.1 材料

25 个两系杂种 F₁ 分别为:GD-1S×G2417-2-1、培矮 64S×G2417-2-1、GD-7S×G2417-2-1、安湘 S×G2417-2-1、穗 35S×G2417-2-1、GD-1S×G2416-3、穗 35S×G2416-3、培矮 64S×G2416-3、N17S×G3004-4、培矮 64S×G3004-4、安湘 S×G3004-4、穗 35S×G3004-4、N26S×G3004-4、GD-1S×G3004-4、GD-7S×G3004-4、GD-1S×G2605、培矮 64S×G2605、GD-9S×G2605、安湘 S×G2605、穗 35S×G2605、N17S×G2605、GD-7S×G2605、穗 35S×G2123、N17S×G2123、GD-1S×G2123;8 个母本分别为:GD-1S(粳型)、培矮 64S(偏籼型,含广亲和基因)、GD-7S(粳型)、安湘 S(籼型)、穗 35S(粳型)、N26S(籼型)、GD-9S(粳型)、N17S(籼型);5 个父本分别为:G2417-2-1、G2416-3、G3004-4、G2605 和 G2123(均为华南农业大学培育的籼粳交所得的粳型亲籼系^[17])。

1.2 方法

2003 年将上述 25 个杂种和 5 个常规品种(父本)作中稻播栽于江西农业大学农学实验田中,5 月 17 日播种,6 月 14 日移栽,每个组合(品种)为 1 小区,随机排列,每小区 200~300 株,单本植,株行距 16.7 cm×20.0 cm,田间栽培管理按丰产方式进行。抽穗期选择穗颈节刚出叶鞘的、生长大小基本一致的穗挂牌标记,每组合(品种)标记 150~200 穗。自抽穗之日起(记为第 1 d,以下同),至第 28 d 止,每间隔 7 d,共 5 次,每次每组合(品种)取 10~15 个标记穗,混穗,按叶、茎鞘、穗器官部位分样,用恒温干燥法测干物质质量——110℃杀青,80℃烘干至恒质量。成熟后取 15 个标记穗考察单穗实际产量。

父本优势=[(F₁-P_f)/P_f]×100%,
式中,F₁为杂种性状值,P_f为各杂种的相对应的父本性状值。

方差和相关分析是用 25 个杂种的原始试验数据进行,其中方差分析用 DPS、相关分析用 Excel 统计软件完成。

2 结果与分析

2.1 干物质积累与分配

25 个杂种综合分析(表 1)表明:叶片和茎鞘干物质积累在扬花期(抽穗后第 1~7 d)达到最大值,而灌浆开始后逐渐减少,此时籽粒干物质积累逐渐增加,需要指出的是抽穗后第 1~14 d 为籽粒灌浆高峰期,其后灌浆速率明显下降,单茎植株干物质积累在籽粒灌浆末期(抽穗后第 28 d)达到最大。从干物质在各器官的分配来看:叶、茎鞘部所占比例抽穗后一直呈下降趋势,分别从 22.88%和 58.26%降至 12.60%和 32.33%;穗部所占比例则一直呈上升趋势,从抽穗后第 1 d 的 18.86%上升至第 7 d 的 33.58%,但此时茎鞘仍为干物质的主要贮存器官,至抽穗后第 14 d,穗部所占比例升至 48.50%,此时穗部已转变为干物质的主要贮存器官,此后,穗部所占比例依然上升,至第 28 d 达 55.07%。

2.2 干物质积累及分配与籽粒产量的相关分析

表 2 可看出,籽粒产量与抽穗后干物质积累呈正相关关系,以抽穗后第 1 d 和第 7 d 相关更紧密,相关系数分别为 0.244 和 0.225;抽穗后第 1 d 茎鞘干物质积累与籽粒产量呈正相关关系(0.284),自第 7 d 始转为负相关关系,以第 28 d 最大(-0.321);

籽粒产量与抽穗后穗干物质积累量呈正相关关系, 其中抽穗后第 14、28 d 相关达显著水平, 相关系数分别为 0.471^{*} 和 0.427^{*}; 籽粒产量与抽穗后单茎植株干物质积累量呈正相关关系, 以抽穗后第 14、21 d 相关更为紧密, 相关系数分别为 0.304、0.292. 籽粒产量与干物质在各器官中分配的相关和籽粒产量与各器官干物质积累的相关趋势基本一致(表 2), 其中籽粒产量与抽穗后第 1、7、28 d 叶片干物质分配呈极微

弱相关, 但与抽穗后第 14、21 d 叶片干物质分配呈较大负相关关系; 籽粒产量与抽穗后第 1 d 茎鞘干物质分配呈正相关关系, 自第 7 d 后呈较大负相关关系, 其中第 21、28 d 达显著或极显著水平, 分别为 -0.422^{*} 和 -0.510^{**}; 籽粒产量与抽穗后第 1 d 穗干物质分配呈负相关关系, 自第 7 d 后呈较大正相关关系, 其中第 14、21、28 d 达显著水平, 分别为 0.397^{*}、0.426^{*} 和 0.471^{*}.

表 1 抽穗后不同时期 25 个水稻杂种干物质积累与分配的平均值

Tab. 1 The means of dry matter accumulation and distribution of 25 hybrid rices at various growing stages after heading										
样品 samples	干物质积累 dry matter accumulation/ g					干物质分配 dry matter distribution/ %				
	1 d	7 d	14 d	21 d	28 d	1 d	7 d	14 d	21 d	28 d
叶 leaf	0.89	0.87	0.83	0.79	0.76	22.88	18.01	15.38	13.88	12.60
茎鞘 stem and sheath	2.27	2.36	1.94	1.91	1.94	58.26	48.41	36.13	33.95	32.33
穗 panicle	0.73	1.63	2.62	3.00	3.32	18.86	33.58	48.50	52.17	55.07
茎株 stem plant	3.89	4.86	5.40	5.70	6.02					

表 2 水稻杂种抽穗后不同时期干物质积累与籽粒实际产量的表型相关系数
Tab. 2 Phenotypic correlation coefficients between the dry matter accumulation and distribution at various growing stages after heading with grain yield

样品 samples	干物质积累 dry matter accumulation/ g					干物质分配 dry matter distribution/ %				
	1 d	7 d	14 d	21 d	28 d	1 d	7 d	14 d	21 d	28 d
叶 leaf	0.244	0.225	0.052	0.178	0.029	-0.007	0.034	-0.292	-0.136	-0.096
茎鞘 stem and sheath	0.284	-0.022	-0.124	-0.207	-0.321	0.257	-0.247	-0.379	-0.422 [*]	-0.510 ^{**}
穗 panicle	0.074	0.319	0.471 [*]	0.378	0.427 [*]	-0.355	0.228	0.397 [*]	0.426 [*]	0.471 [*]
茎株 stem plant	0.250	0.203	0.304	0.292	0.147					

2.3 干物质积累的杂种优势

表 3 表明, 单茎叶、单茎茎鞘、单茎植株干物质积累的父本优势, 不同杂种以及同一杂种不同时期表现均不同, 但抽穗后单茎叶、单茎茎鞘、单茎植株干物质积累表现出负向父本优势的组合数占多数, 如在 25 个杂种中, 抽穗后第 1、7、14、21、28 d, 单茎叶干物质积累表现为负向父本优势的杂种数分别为 17、19、18、19、17 个, 单茎茎鞘干物质积累表现为负向父本优势的杂种数分别为 16、20、20、20、18 个, 单茎植株干物质积累表现为负向父本优势的杂种数分别为 14、16、17、15、13 个, 上述 3 项指标在抽穗后不同时期低于其相应父本的组合数均有 50% 以上. 不同杂种、同一杂种不同时期单茎穗干物质积累父本优势表现均不同, 在总共 25 个杂种中, 抽穗后第 1、7、14、21、28 d, 表现为正向父本优势的杂种数分别为 12、13、13、11、13 个. 结实率和单茎穗籽粒产量的父本优势均表现为因组合不同而异的特点, 25 个杂种中, 结实率和单茎穗籽粒产量表现为正向父本优势杂种数分别为 10 和 9 个.

就 25 个杂种平均来看, 单茎叶、单茎茎鞘、单茎

植株干物质积累抽穗后各期均表现出负向父本优势, 单茎穗则各期均表现出正向父本优势, 结实率表现为负向父本优势, 而单茎籽粒产量表现出弱正向父本优势.

3 讨论与结论

利用籼粳亚种间强大的杂种优势来大幅度提高水稻产量, 是广大育种家长期以来的期盼所在. 以光温敏核不育水稻为基础的两系法杂交稻的开发与运用, 为籼粳亚种间杂种优势的利用提供了便利和平台. 然而, 育种实践表明, 两系法杂交水稻(尤其是两系法超级杂交水稻)后期早衰已成为制约产量的主要因子之一^[2 14-16]. 本研究所用父本材料为籼粳交偏籼型, 母本从籼到粳均有, 因此所配两系杂交组合介于籼粳亚种间类型, 结果显示: 杂种单茎籽粒产量与抽穗后叶干物质积累呈正相关关系, 且以抽穗后第 1~7 d 相关更为紧密, 暗示生育后期叶源量不够丰富, 光合产物供应不足(这很有可能是早衰所致), 是杂交水稻产量进一步提高的限制因素. 说明生育后期(尤其是抽穗开花期)保证一定的叶源量, 并维

表 3 25 个水稻杂种抽穗后不同时期单茎干物质积累的父本优势

Tab. 3 The male parent heterosis of dry matter accumulation of 25 hybrid rices at various growing stages after heading

杂种 hybrids	叶 leaf / %					茎鞘 stem and sheath / %					结实率 seed setting rate/ %
	1 d	7 d	14 d	21 d	28 d	1 d	7 d	14 d	21 d	28 d	
GD-IS× G2417-2-1	−28.44	−18.13	−24.34	1.20	−1.71	−25.78	−26.53	−36.49	−19.22	−12.42	17.14
穗 3S (Sui3S)× G2417-2-1	−24.86	−34.25	−14.40	−15.76	−25.88	3.82	−29.06	−22.67	−21.87	−40.19	12.47
培矮 64S (Peiai64S)× G2417-2-1	19.68	−19.90	−19.08	0.43	30.73	−16.25	−0.15	−33.80	−17.96	3.00	19.50
安湘 S (AnxiangS)× G2417-2-1	−0.40	9.81	−3.18	0.04	10.81	−2.01	−2.39	−21.91	−30.24	−14.35	16.21
GD-7S× G2417-2-1	−14.29	−15.39	12.98	−11.61	−12.48	−17.36	−14.29	−18.29	−24.65	−22.46	13.12
GD-IS× G2416-3	42.69	3.57	−7.70	10.08	−15.41	49.89	−12.93	−7.45	3.65	−27.67	−8.90
穗 3S (Sui3S)× G2416-3	30.95	23.52	27.85	−5.90	−8.97	44.53	27.09	18.40	−15.80	−8.33	−23.50
培矮 64S (Peiai64S)× G2416-3	23.36	1.76	2.88	−1.99	18.89	34.26	13.55	3.42	7.20	−7.09	−0.18
N17S× G3004-4	−42.38	−20.14	−24.03	−39.83	−46.05	−42.86	−6.91	−8.03	−21.43	−24.34	−24.17
GD-IS× G3004-4	8.08	−34.62	−17.30	−44.43	−18.35	18.24	−9.02	−0.40	−19.57	7.02	−30.87
培矮 64S (Peiai64S)× G3004-4	−14.88	−31.76	3.88	−28.47	−38.40	−5.95	−20.12	−16.02	−8.76	−11.39	−25.04
安湘 S (AnxiangS)× G3004-4	−20.86	−55.79	−43.09	−35.29	−52.74	−13.39	−58.54	−36.67	−6.03	−29.79	7.21
穗 3S (Sui3S)× G3004-4	−13.71	−35.55	−40.66	−29.53	−33.49	−4.38	−11.10	−28.46	−10.85	7.07	−7.28
N26S× G3004-4	−27.88	−42.28	−32.79	−12.79	−38.99	−2.82	−29.75	−11.76	−5.90	−17.98	−11.64
GD-7S× G3004-4	24.96	−6.93	−7.59	−9.12	−21.74	13.97	−13.18	1.30	−24.82	−13.19	−3.65
GD-IS× G2605	18.86	4.97	−10.46	29.74	3.68	13.44	−0.21	−24.45	1.84	26.78	−45.10
培矮 64S (Peiai64S)× G2605	−33.37	−21.41	−20.66	−28.03	−27.67	−45.06	1.86	−24.12	−46.99	−37.38	15.76
GD-9S× G2605	−39.22	−33.82	−21.66	−26.96	−52.04	−49.27	−17.91	−14.06	−47.86	−52.60	13.54
安湘 S (AnxiangS)× G2605	−46.45	−33.30	−14.20	−21.51	2.36	−56.06	−26.74	−3.04	−47.58	−10.22	23.46
穗 3S (Sui3S)× G2605	−33.82	−32.32	−39.00	−39.43	−38.74	−46.95	−16.38	−33.88	−48.53	−37.08	−7.65
N17S× G2605	−19.75	−11.06	−25.95	−5.77	−34.47	−41.16	−22.40	−40.08	−47.22	−55.76	17.44
GD-7S× G2605	−27.28	−29.09	−21.85	−21.12	−3.21	−44.65	−35.67	−24.19	−51.49	−28.47	−31.08
穗 3S (Sui3S)× G2123	7.95	−0.26	−18.71	−14.74	23.29	−1.28	−8.97	−26.19	4.27	18.45	−30.87
N17S× G2123	15.19	−4.55	8.94	0.94	1.65	26.17	4.82	2.42	−19.73	13.00	−16.85
GD-IS× G2123	−15.03	4.20	0.51	−3.57	10.53	7.68	4.61	23.16	12.51	24.09	−25.05
平均 mean	−10.01	−17.31	−13.98	−14.14	−14.74	−8.13	−12.41	−15.33	−20.28	−14.05	−5.44

杂种 hybrids	穗 panicle / %					茎株 stem plant / %					籽粒产量 grain yield/g
	1 d	7 d	14 d	21 d	28 d	1 d	7 d	14 d	21 d	28 d	
GD-IS× G2417-2-1	−1.55	21.71	20.41	54.86	66.94	−23.04	−11.78	−12.44	15.92	24.88	79.72
穗 3S (Sui3S)× G2417-2-1	4.48	17.14	64.52	28.79	18.64	−3.17	−17.67	12.44	0.98	−11.63	109.55
培矮 64S (Peiai64S)× G2417-2-1	7.41	45.03	28.70	24.43	93.09	−13.79	7.97	−7.15	3.15	47.59	35.65
安湘 S (AnxiangS)× G2417-2-1	43.62	43.41	63.31	25.62	85.10	4.78	12.49	14.20	−1.52	34.09	173.32
GD-7S× G2417-2-1	29.62	−3.31	20.41	40.61	30.80	−10.02	−11.55	1.94	5.56	2.97	62.04
GD-IS× G2416-3	119.11	32.62	14.14	77.99	57.47	58.34	3.80	1.90	38.71	10.21	31.01
穗 3S (Sui3S)× G2416-3	61.54	60.90	70.75	42.69	49.35	43.72	36.38	42.83	12.54	16.01	8.56
培矮 64S (Peiai64S)× G2416-3	69.70	93.09	74.77	25.04	76.28	36.82	34.73	34.36	13.93	32.07	79.97
N17S× G3004-4	−40.68	7.46	−3.56	−40.85	−14.44	−42.32	−5.27	−8.69	−34.44	−22.50	−64.66
GD-IS× G3004-4	3.18	−13.23	−9.61	−25.76	−1.06	12.81	−15.82	−7.71	−26.73	−1.61	−52.59
培矮 64S (Peiai64S)× G3004-4	−24.32	−8.11	8.56	−2.31	−17.31	−11.71	−18.88	−0.90	−8.53	−19.10	−41.29
安湘 S (AnxiangS)× G3004-4	−12.27	−15.13	−29.46	−8.37	−19.37	−15.03	−44.42	−34.37	−11.89	−27.87	−46.38
穗 3S (Sui3S)× G3004-4	−13.98	−42.79	−17.48	−5.26	−4.36	−8.55	−26.22	−25.37	−10.91	−5.91	−39.06
N26S× G3004-4	−13.98	−7.73	−12.35	17.07	−8.78	−11.21	−25.58	−15.70	4.95	−16.41	−34.21
GD-7S× G3004-4	15.91	26.57	−5.36	−6.55	9.32	17.08	0.55	−3.40	−12.83	−2.26	−23.25
GD-IS× G2605	26.83	1.88	13.66	−4.94	18.24	16.61	1.38	−6.30	2.51	19.88	−47.91
培矮 64S (Peiai64S)× G2605	−46.53	−26.66	4.12	−25.11	−9.66	16.61	1.38	−6.30	2.51	19.88	11.25
GD-9S× G2605	−24.23	−27.90	−10.98	−13.71	−45.84	−43.35	−23.75	−13.99	−30.92	−49.49	−19.21
安湘 S (AnxiangS)× G2605	−36.14	20.01	−55.31	−18.04	−25.01	−51.01	−15.37	−26.66	−31.92	−15.17	−28.02
穗 3S (Sui3S)× G2605	−7.80	−13.71	−41.81	−45.09	−44.53	−38.24	−18.80	−38.01	−45.94	−40.64	−41.17
N17S× G2605	−1.61	14.18	5.06	10.37	−3.63	−30.65	−10.26	−18.96	−17.87	−29.58	−6.52
GD-7S× G2605	−21.78	−38.43	−38.47	−32.35	−34.34	−37.53	−35.12	−29.78	−39.65	−27.73	−39.74
穗 3S (Sui3S)× G2123	24.23	−12.13	−25.09	−42.50	20.66	5.45	−8.45	−24.49	−21.78	20.29	−15.06
N17S× G2123	29.61	−13.91	6.35	11.52	10.39	24.27	−3.22	5.36	−1.25	10.08	−2.50
GD-IS× G2123	−2.96	0.54	−10.02	−21.43	28.62	0.55	3.16	3.34	−6.70	24.77	−13.40
平均 mean	7.50	6.46	5.41	2.67	13.46	−4.10	−7.61	−6.55	−8.08	−0.29	3.04

持一定时期, 对于两系杂交水稻产量的提高具有重要意义。籽粒产量与抽穗后第 1 d 茎鞘干物质积累呈正相关关系, 自第 7 d 始转为负相关关系, 这表明前期茎鞘干物质积累是否丰富以及后期调动到籽粒的充分与否对籽粒产量有较大影响, 这与杨建昌等^[5, 6, 9, 10] 研究结果一致。籽粒产量与干物质在各器官中分配的相关性进一步证实了上述分析结论。

在 25 个两系杂种与其相应父本的比较中, 多数杂种抽穗后各期单茎叶、单茎茎鞘、单茎植株干物质积累量表现为负向父本优势。这与袁隆平^[18] 和洪植蕃等^[8] 的研究结果一致。因此, 如何克服杂交稻生育后期早衰以及净同化率下降迅速是关系水稻杂种优势进一步挖掘与利用的重要问题。

结实率低下以及籽粒充实不良是困扰两系法籼粳亚种间杂种优势利用的又一障碍因素^[2~7]。25 个杂种中结实率表现为正向父本优势的杂种数为 10 个, 供试所有杂种结实率平均表现为负向父本优势(−5.44%)。结实率杂种优势值与产量杂种优势值的相关系数为 0.541^{**}, 达极显著水平, 这一方面说明结实率对供试杂交稻籽粒产量的提高十分重要, 另一方面又说明结实率的低下限制了本研究中供试杂交稻的籽粒产量的提高。不同遗传分化程度的品系(种)杂种间结实率差异明显, 这与李伟等^[19] 的研究结果一致, 进一步验证了两系法籼粳亚种间杂种存在结实率低下的现象, 也为高结实率组合的筛选提供了可能。

不同父本所配组合群之间、同一父本所配不同组合之间物质积累、分配以及结实率、籽粒产量均存在较大差异, 尤其是部分组合在某些指标上存在较大负向父本优势, 说明两系杂交水稻(含亚种间)产量、干物质生产与分配的杂种优势与双亲的配合力紧密相关, 在两系杂交水稻育种中, 不仅需要对亲本的一般配合力进行测定, 还需要大量测配, 以筛选出特殊配合力也强的超优杂种。结合籽粒产量与抽穗后干物质的积累与分配的相关分析, 笔者认为, 从育种上应优先考虑选择抽穗前植株干物质积累优势较强, 叶源量较大, 后期叶片光合功能强而不早衰, 茎鞘物质运转优势明显, 结实率高的杂种。

致谢: 江西农业大学农学院 2000 级毕业实习生何平荣、杨艳旺、楼苏娟参加了部分工作, 在此表示感谢!

参考文献:

[1] 袁隆平, 唐传道. 杂交水稻选育的回顾、现状与展望[J]. 中国稻米, 1999, (4): 3—6.

[2] 陈炳松, 宗寿余, 吕川根, 等. 两系法亚种间杂交稻两优培九光合产物的运转与分配[J]. 江苏农业学报, 2002, 18(1): 14—17.

[3] 程式华, 翟虎渠. 水稻亚种间超高产杂交组合若干株型因子的比较[J]. 作物学报, 2000, 26(6): 713—718.

[4] 徐秋生, 李卓吾. 气象条件对两系法杂交稻(含亚种间)子粒充实度影响研究初报[J]. 湖南农业科学, 1993, (4): 11—13.

[5] 杨建昌, 朱庆森, 王志琴, 等. 亚种间杂交稻光合特性及物质积累与转运的研究[J]. 作物学报, 1997, 23(1): 82—88.

[6] 李木英, 潘晓华, 石庆华, 等. 两系杂交稻结实期茎鞘物质运转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.

[7] 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, 35(5): 511—518.

[8] 洪植蕃, 林 菲, 庄宝华, 等. 两系杂交稻生理生态特性: II. 干物质生产特性[J]. 福建农学院学报, 1992, 21(2): 129—136.

[9] 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研究[J]. 中国水稻科学, 1994, 8(3): 151—156.

[10] 彭春瑞, 董秋洪, 涂细华. 亚种间杂交稻灌浆期的源库动态研究[J]. 江西农业学报, 1996, 8(1): 7—11.

[11] 卢向阳, 匡逢春, 李献坤, 等. 两系杂交水稻高空秕粒的生理原因探讨[J]. 湖南农学院学报, 1992, 18(3): 151—156.

[12] 陈光辉, 官春云, 陈立云, 等. 两系亚种间与品种间杂交稻籽粒充实度的比较研究[J]. 作物研究, 2000, (3): 9—12.

[13] 徐 目, 陈彩莲. 籼粳亚种组合干物质累积与光合特性的关系[J]. 杂交水稻, 1992, 7(1): 40—44.

[14] 马国辉, 邓启云. 两系法杂交早稻栽培技术与籽粒物质积累理论的初步研究[J]. 湖南农业科学, 1991, (2): 15—17.

[15] 庄宝华, 张书标, 章清杞, 等. 两系亚种间杂交稻两优培九产量形成的生理特性[J]. 福建农林大学学报(自然科学版), 2003, 32(2): 137—141.

[16] 吴岳轩, 吴振球. 两系杂交稻后期早衰与空秕率的化学调控初步研究[J]. 杂交水稻, 1993, 8(3): 30—33.

[17] 陈跃进. 水稻粳型亲籼系鉴定体系研究[D]. 广州: 华南农业大学农学院, 2000.

[18] 袁隆平, 陈洪新. 杂交水稻育种栽培学[M]. 长沙: 湖南科学技术出版社, 1988. 300.

[19] 李 伟, 左清凡, 张建中, 等. 水稻不同遗传分化品系(种)杂种籽粒充实度的比较分析[J]. 杂交水稻, 2003, 18(1): 40—43.

【责任编辑 周志红】