

两系杂交稻茎鞘物质运转与 籽粒充实特性研究^{*}

赵步洪^{1,2}, 奚岭林¹, 杨建昌¹, 王志琴¹, 朱庆森¹, 张洪熙²

(1 扬州大学 农学院, 江苏 扬州 225009; 2 江苏里下河地区农科所, 江苏 扬州 225007)

[摘 要] 选用不同类型的两系杂交稻品种, 研究了结实期茎鞘物质运转与籽粒灌浆结实的关系。结果表明, 两系杂交稻在抽穗后的净光合速率和干物质积累量明显高于三系杂交稻; 茎鞘物质的输出率与结实率、充实率、最大灌浆速率和平均灌浆速率呈显著的正相关; 各品种以下部茎鞘物质积累多、转运率高; 茎鞘物质转运启动时间早、运转强度大, 其转运率高、结实率高、充实度好, 表明早期转运对籽粒灌浆充实的重要性; 抽穗期提高糖花比, 同时在灌浆始期促进茎鞘非结构性碳水化合物向籽粒库运转, 有利于激发库的活性, 启动和促进更多的籽粒灌浆, 减少空秕粒的产生, 增加籽粒充实率。

[关键词] 两系杂交稻; 茎鞘物质转运; 籽粒充实

[中图分类号] S511.01

[文献标识码] A

[文章编号] 1671-9387(2004)10-0009-06

两系杂交稻表现出物质生产能力强、库容量大等超高产优势, 但同时也存在着结实率低、空秕率高、充实度差等影响产量优势发挥的障碍因素。已有的研究^[1~3]认为, 这些障碍主要与茎鞘物质积累和运转有关。水稻茎鞘抽穗前贮藏的碳水化合物占籽粒灌浆期碳水化合物的20%~40%^[3], 茎鞘物质的转运启动时期和转运量对籽粒的初期生长和结实率有很重要的作用^[3~6]。本试验选用结实特性差异明显的两系杂交稻为材料, 研究结实期茎鞘物质的转运特性及其对籽粒的贡献, 旨在揭示物质运转与结实特性间的关系, 为两系杂交稻的优势利用提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 供试品种

籼型两系杂交稻选用两优培九和扬两优6号, 粳型两系杂交稻选用103S/郑粳2号, 籼型三系杂交稻选用丰优香占和汕优63。

1.2 试验方法

试验于2003年在扬州大学农学院盆栽场进行。05-05播种, 大田育秧, 06-04移栽至盆钵。盆钵直径25 cm, 高30 cm, 每盆内装过筛土18 kg, 土质砂壤, 土壤有机质含量24.5 g/kg, 速效氮106 mg/kg, 速

效磷33.8 mg/kg, 速效钾66.4 g/kg。移栽前每盆施1 g 纯N, 0.3 g P₂O₅和0.5 g KCl作基肥; 在分蘖中期每盆施0.5 g 纯N, 穗分化期每盆施0.8 g 纯N。其他栽培管理同一般生产栽培。每盆栽3穴, 每穴1苗, 每个品种30盆。

1.3 取样与测定

1.3.1 干物质、非结构性碳水化合物含量测定 抽穗期选择生长整齐一致的盆钵取样, 6 d 取样1次, 每次各品种取3盆, 取样时间为9:00, 取回后立即105℃杀青, 分部位烘干测定干物质质量; 干样用硫酸蒽酮比色法测定可溶性糖、蔗糖和淀粉含量。

茎鞘物质输出率/% = ((抽穗期茎鞘干重 - 成熟期茎鞘干重) / 抽穗期茎鞘干重) × 100%;

茎鞘物质转换率/% = ((抽穗期茎鞘干重 - 成熟期茎鞘干重) / 穗重) × 100%;

糖花比 = 抽穗期茎鞘中可用性糖(包括可溶性糖和淀粉) / 颖花数, 表示灌浆始期每朵颖花具有的物质积累。

1.3.2 籽粒灌浆参数测定 抽穗期各品种选择生长整齐一致的单茎100个, 挂上纸牌, 自开花至花后12 d 每隔3 d 及花后12 d 至收获每隔6 d, 各品种取挂牌单穗5个, 每穗各取整穗籽粒50颗烘干, 人工剥去颖壳后称重, 参照朱庆森等^[7]的方法, 用

* [收稿日期] 2004-04-12

[基金项目] 国家自然科学基金资助项目(30270778); 国家“十五”科技攻关项目(2001BA-507A-09-01-03)

[作者简介] 赵步洪(1966-), 男, 江苏兴化人, 副研究员, 在读博士, 主要从事水稻栽培生理和育种研究。

Richards 方程进行籽粒灌浆特征参数分析。

1.3.3 净光合速率与 SPAD 值测定 每品种选取 10~20 个单茎挂牌标记, 分别于抽穗期、抽穗后 15 d 和抽穗后 30 d, 用 LI-6200 光合测定仪于晴天 9:00~11:00 测定剑叶的净光合速率, 每次测 6 张叶片; 同时用 SPAD-501 型叶绿素测定仪测定顶 3 叶的 SPAD 值, 每张叶片测定上、中、下 3 个部位, 取其平均值, 每次测 6 张叶片, 以 SPAD 值表示叶绿素含量。

1.3.4 考种 每个品种实收 8 盆计产, 并测定产量结构。用清水分开实粒和空秕粒, 再用灯光透射法分出空粒和秕粒。

2 结果与分析

2.1 不同品种的产量与产量构成因素

从表 1 可知, 扬两优 6 号的产量最高, 为 95.37 g/盆, 显著高于其他品种, 主要原因是其穗大粒多, 结实率高, 籽粒充实率好; 两优培九产量最低, 为 76.27 g/盆, 显著低于其他品种, 主要原因是其结实率低, 籽粒充实率差; 其他 3 个品种(103S/郑粳 2 号、丰优香占和汕优 63) 产量差异不显著, 其中 103S/郑粳 2 号由于千粒重高, 千粒重较其他品种高 17.17%~24.28%, 弥补了其结实率低和每穗粒数少的不足。

表 1 杂交稻不同品种产量及其构成因素

Table 1 Grain yield and its composition of different varieties

品 种 Varieties	穗数 Panicles/盆	每穗粒数 Spikelets/panicle	结实率/% Ripened grain	空粒率/% Unfertilized grain rate	秕粒率/% Blighted grain rate	充实率/% Degree of grain filling	千粒重/g 1 000-grain weight	产量/ (g/盆) Grain yield
两优培九 Liangyoupeijiu	22.53 bc	206.65 b	67.13 c	14.22 a	18.66 a	87.56 b	24.69 d	76.27 c
扬两优 6 号 Yangliangyou 6	21.66 c	207.34 b	79.82 a	5.95 c	10.59 c	94.20 a	27.01 b	95.37 a
103S/郑粳 2 号 103S/Zhengjing 2	23.37 ab	154.62 d	71.59 b	13.16 a	15.25 b	89.33 b	32.61 a	83.06 b
丰优香占 Fengyouxiangzhan	21.05 c	218.46 a	79.18 a	10.65 b	10.17 c	95.42 a	24.53 d	88.87 b
汕优 63 Shanyou 63	24.39 a	177.18 c	80.35 a	9.02 b	10.63 c	96.15 a	25.60 c	86.67 b
LSD _{0.05}	1.45	17.13	3.17	2.19	3.03	3.67	0.81	6.43

注: 同列数据后标不同字母表示在 0.05 水平上差异显著, 下表同。

Note: Significance at 0.05 level for different letters in the same column, the same as the following tables

2.2 抽穗后的叶绿素含量与净光合速率

从表 2 可以看出, 抽穗后不同阶段, 两系杂交稻顶 3 叶叶绿素含量明显大于三系杂交稻。在抽穗期及抽穗后 15 d, 两系杂交稻 3 个品种间和三系杂交稻 2 个品种间倒 2、倒 3 叶的叶绿素含量差异较小; 至抽穗后 30 d, 各品种不同叶位叶绿素含量均有较

大幅度下降, 说明此时顶 3 叶已经衰老, 尤其是倒 2 叶和倒 3 叶; 汕优 63、丰优香占、扬两优 6 号叶绿素含量下降的幅度明显大于两优培九和 103S/郑粳 2 号, 说明前三者比后两者衰老得更快。由表 3 可知, 不同品种间剑叶的净光合速率表现出了与叶绿素含量变化相同的趋势。

表 2 不同生育期顶 3 叶叶绿素含量(SPAD 值)

Table 2 Chlorophyll content of top 3 leaves (SPAD value)

品 种 Varieties	抽穗期 Heading			抽穗后 15 d 15 days after heading			抽穗后 30 d 30 days after heading		
	剑叶 Flag leaf	倒 2 叶 2nd leaf	倒 3 叶 3rd leaf	剑叶 Flag leaf	倒 2 叶 2nd leaf	倒 3 叶 3rd leaf	剑叶 Flag leaf	倒 2 叶 2nd leaf	倒 3 叶 3rd leaf
两优培九 Liangyoupeijiu	41.38 a	42.67 a	42.32 a	31.33 ab	33.85 a	33.26 a	18.34 a	16.89 a	9.93 a
扬两优 6 号 Yangliangyou 6	41.89 a	42.52 a	42.91 a	30.67 b	33.58 a	32.17 a	16.18 b	13.36 b	7.25 b
103S/郑粳 2 号 103S/Zhengjing 2	42.15 a	43.21 a	42.76 a	32.03 a	34.11 a	33.20 a	19.22 a	17.64 a	10.81 a
丰优香占 Fengyouxiangzhan	39.56 b	40.77 b	40.05 b	26.74 c	30.45 b	29.18 b	14.47 c	11.26 c	7.07 b
汕优 63 Shanyou 63	38.26 b	40.38 b	40.03 b	26.08 c	29.71 b	28.36 b	14.33 c	11.04 c	6.88 b
LSD _{0.05}	1.64	1.72	1.28	1.24	1.43	1.22	1.05	1.13	0.96

表 3 不同生育期剑叶净光合速率

Table 3 Net photosynthetic rate in flay leaf $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$			
品 种 Varieties	抽穗期 Heading	抽穗后 15 d 15 days after heading	抽穗后 30 d 30 days after heading
两优培九 L iangyoupeijiu	21. 34 a	19. 95 a	13. 71 b
扬两优 6 号 Yangliangyou 6	21. 85 a	19. 63 a	12. 27 c
103S/郑粳 2 号 103S/Zhengjing 2	22. 29 a	20. 71 a	15. 38 a
丰优香占 Fengyouxiangzhan	20. 04 b	17. 33 b	11. 79 d
汕优 63 Shanyou 63	19. 82 b	16. 88 b	10. 55 e
L SD _{0.05}	1. 24	1. 11	0. 86

2.3 不同品种干物质积累与转运 (高出 19.01%); 成熟期平均每盆干物质质量扬两优 6 号> 两优培九> 103S/郑粳 2 号> 丰优香占> 汕优 63, 说明两系杂交稻抽穗后光合产物积累优势明显。

2.3.1 整盆干物质积累与转运 从表 4 可知, 抽穗期各品种干物质积累差异较小, 未达显著水平; 抽穗后干物质积累量两系杂交稻显著高于三系杂交稻

表 4 不同品种各生育期干物质的积累与转运

Table 4 Dry matter accumulation and transformation of different varieties						
品 种 Varieties	抽穗期干重/ (g·盆 ⁻¹) DW at heading	成熟期干重/ (g·盆 ⁻¹) DW at mature	抽穗后积累量/ (g·盆 ⁻¹) Accu after heading	每盆穗重/ (g·盆 ⁻¹) Panicle weight	茎鞘物质 输出率/% EPM SS	茎鞘物质 转换率/% TPM SS
两优培九 L iangyoupeijiu	117. 82 a	189. 59 ab	71. 77 a	88. 26 c	26. 89 b	20. 88 b
扬两优 6 号 Yangliangyou 6	121. 93 a	198. 69 a	76. 77 a	105. 74 a	42. 04 a	32. 94 a
103S/郑粳 2 号 103S/Zhengjing 2	114. 34 a	188. 77 ab	74. 43 a	97. 46 b	22. 81 b	19. 56 b
丰优香占 Fengyouxiangzhan	124. 54 a	181. 73 b	59. 19 b	97. 05 b	43. 02 a	35. 49 a
汕优 63 Shanyou 63	119. 02 a	180. 22 b	61. 20 b	98. 17 b	44. 15 a	36. 12 a
L SD _{0.05}	12. 34	14. 55	8. 97	7. 21	4. 85	4. 26

注(Notes): EPM SS Export percentage of the matter in stem and sheath; TPM SS Transformation percentage of the matter in stem and sheath

茎鞘物质输出率和转换率均表现为汕优 63> 丰优香占> 扬两优 6 号> 两优培九> 103S/郑粳 2 号, 且两优培九和 103S/郑粳 2 号显著低于其他 3 个品种, 茎鞘物质输出率和转换率的降幅分别为 36.04%~48.34%和 36.61%~45.85%。而扬两优 6 号的茎鞘物质输出率和转换率与三系杂交稻差异不显著, 说明两系杂交稻不同品种间, 在后期物质转运特性上存在明显差异, 结实率和充实率随物质转运率的提高而增大。

2.3.2 单茎各部位茎鞘物质的累积与输出 从抽穗后单茎茎鞘干重的变化动态(图 1)来看, 抽穗后 12 d, 扬两优 6 号、丰优香占、汕优 63 茎鞘物质的输出量分别占总输出量的 70% 以上, 而两优培九和 103S/郑粳 2 号为 50% 左右。

由表 5 可知, 单茎不同节位茎鞘的物质积累量与输出率不同, 总的趋势是自上而下积累量与输出率由小到大, 即下部茎鞘> 倒 3 茎鞘> 倒 2 茎鞘> 倒 1 茎鞘。输出率的变幅分别为 28.20%~56.82%, 23.43%~49.31%, 19.37%~40.34% 和

16.56%~30.34%。

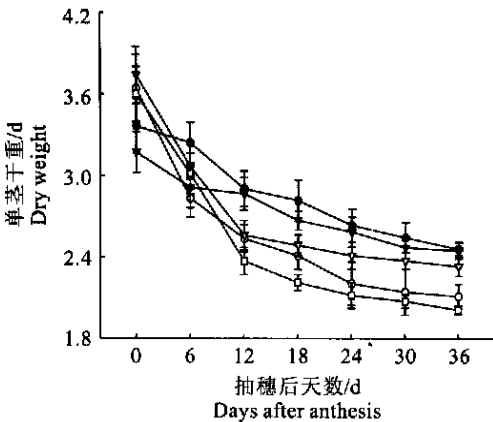


图 1 抽穗后单茎干重变化

- ● - . 两优培九; - ○ - . 扬两优 6 号; - ▼ - . 103S/郑粳 2 号;
- ▽ - . 丰优香占; - □ - . 汕优 63

Fig 1 Changes in dry matter in the internode after heading

- ● - . L iangyoupeijiu; - ○ - . Yangliangyou 6;
- ▼ - . 103S/Zhengjing 2; - ▽ - . Fengyouxiangzhan;
- □ - . Shanyou 63

表 5 供试品种植株各部位茎鞘的物质积累与转运

Table 5 Dry matter accumulation and transformation of different position in the internode

品 种 Varieties	下部茎鞘		倒 3 茎鞘		倒 2 茎鞘		倒 1 茎鞘		总输出	
	抽穗期/g Heading	输出率/% EPM SS	抽穗期/g Heading	输出率/% EPM SS	抽穗期/g Heading	输出率/% EPM SS	抽穗期/g Heading	输出率/% EPM SS	抽穗期/g Heading	输出率/% EPM SS
两优培九 Liangyoupeijiu	1 178	30 81	0 841	29 37	0 740	23 24	0 606	20 30	3 365	26 89
扬两优 6 号 Yangliangyou 6	1 202	56 82	0 911	44 02	0 801	29 46	0 728	28 98	3 642	42 04
103S/郑粳 2 号 103S/Zhengjing 2	1 078	28 20	0 794	23 43	0 666	19 37	0 634	16 56	3 172	22 82
丰优香占 Fengyouxiangzhan	1 309	53 55	0 898	46 21	0 823	32 32	0 710	31 97	3 740	43 02
汕优 63 Shanyou 63	1 296	51 62	0 864	49 31	0 756	40 34	0 648	29 17	3 600	44 15

2 4 供试品种非结构性碳水化合物积累与转运

表 6 为抽穗期各供试品种茎鞘非结构性碳水化合物的含量和糖花比, 以及非结构性碳水化合物的输出率和转换率。从表 6 可以看出, 不同品种间单位干物质可溶性糖、蔗糖和淀粉的含量存在显著差异。可溶性糖和蔗糖的含量为扬两优 6 号、丰优香占、汕

优 63> 两优培九> 103S/郑粳 2 号, 而淀粉含量为两优培九、扬两优 6 号、丰优香占> 103S/郑粳 2 号、汕优 63。抽穗期的糖花比为丰优香占> 扬两优 6 号> 汕优 63> 两优培九> 103S/郑粳 2 号。从非结构性碳水化合物的转运来看, 可溶性糖、蔗糖、淀粉的输出率和转换率与干物质的转运趋势完全一致。

表 6 供试品种茎鞘非结构性碳水化合物的积累与转运

Table 6 Nonstructural carbohydrate accumulation and transformation of different varieties in the internode

品 种 Varieties	抽穗期含量/(mg · g ⁻¹) Content of heading			输出率/% Export percentage			转换率/% Transformation percentage			抽穗期 糖花比 NSC/ panicle
	可溶性糖 S. sugars	蔗糖 Sucrose	淀粉 Starch	可溶性糖 S. sugars	蔗糖 Sucrose	淀粉 Starch	可溶性糖 S. sugars	蔗糖 Sucrose	淀粉 Starch	
两优培九 Liangyoupeijiu	86 24 b	61 96 b	217 78 a	43 39 b	46 08 b	72 14 b	0 78 c	0 65 c	3 28 c	4 89 bc
扬两优 6 号 Yangliangyou 6	102 81 a	74 25 a	214 65 a	69 54 a	79 70 a	84 65 a	2 36 b	1 95 b	5 99 a	5 72 a
103S/郑粳 2 号 103S/Zhengjing 2	73 53 c	52 51 c	175 57 b	40 85 b	43 17 b	70 98 b	0 59 d	0 44 d	3 08 c	4 30 c
丰优香占 Fengyouxiangzhan	98 47 a	67 32 ab	206 93 a	70 09 a	80 00 a	84 76 a	2 45 b	1 91 b	6 22 a	5 97 a
汕优 63 Shanyou 63	104 72 a	70 44 a	166 76 b	75 76 a	85 26 a	83 35 a	2 87 a	2 17 a	5 02 b	5 16 ab
LS0405	9 67	7 09	13 60	6 13	7 47	6 85	0 20	0 16	0 61	0 61

图 2 表示非结构性碳水化合物的动态变化。从图 2 可以看出, 开始抽穗时各供试品种茎鞘中淀粉含量均达到最高水平, 两优培九> 扬两优 6 号> 丰优香占> 103S/郑粳 2 号> 汕优 63。淀粉降解启动时间和降解高峰期以汕优 63、丰优香占和扬两优 6 号最早, 抽穗后 12 d 内转运活性最高, 输出强度最大, 淀粉含量呈较大幅度下降, 输出量占总输出量的 80% 以上, 而两优培九和 103S/郑粳 2 号仅为 65% 左右。

灌浆初期可溶性糖含量以汕优 63、扬两优 6 号和丰优香占为最高, 分别达 100 mg/g 左右; 至第 6 天基本处于最高峰, 达 100~ 140 mg/g, 此时是贮藏碳水化合物转运最活跃的时期, 淀粉含量显著下降; 至抽穗后 18 d, 可溶性糖含量大幅度下降, 趋势与淀

粉降解趋势一致。

茎鞘中蔗糖含量变化与可溶性糖一致, 由此可知, 可溶性糖的成分主要是蔗糖, 各品种在转运高峰期茎鞘中蔗糖含量占可溶性糖含量的 70% 左右。

2 5 供试品种籽粒灌浆特性

由表 7 可知, 103S/郑粳 2 号达到最大灌浆速率和最大粒重所需时间最长, 且平均灌浆势也最低; 汕优 63 到达最大灌浆速率和达到最大粒重的时间最短, 平均灌浆速率也最高; 扬两优 6 号、丰优香占和两优培九介于二者之间。茎鞘非结构性碳水化合物的输出率与最大灌浆速率、平均灌浆速率呈显著或极显著正相关(r 为 0 950 3^{*} 和 0 999 6^{**}), 与到达最大灌浆速率的时间和籽粒达到最大粒重所需的时间呈显著负相关(r 为- 0 890 3^{*} 和- 0 947 4^{*})。起

始灌浆势与最大灌浆速率和平均灌浆速率呈极显著正相关(r 为 0.966 4^{**} 和 0.983 8^{**})。

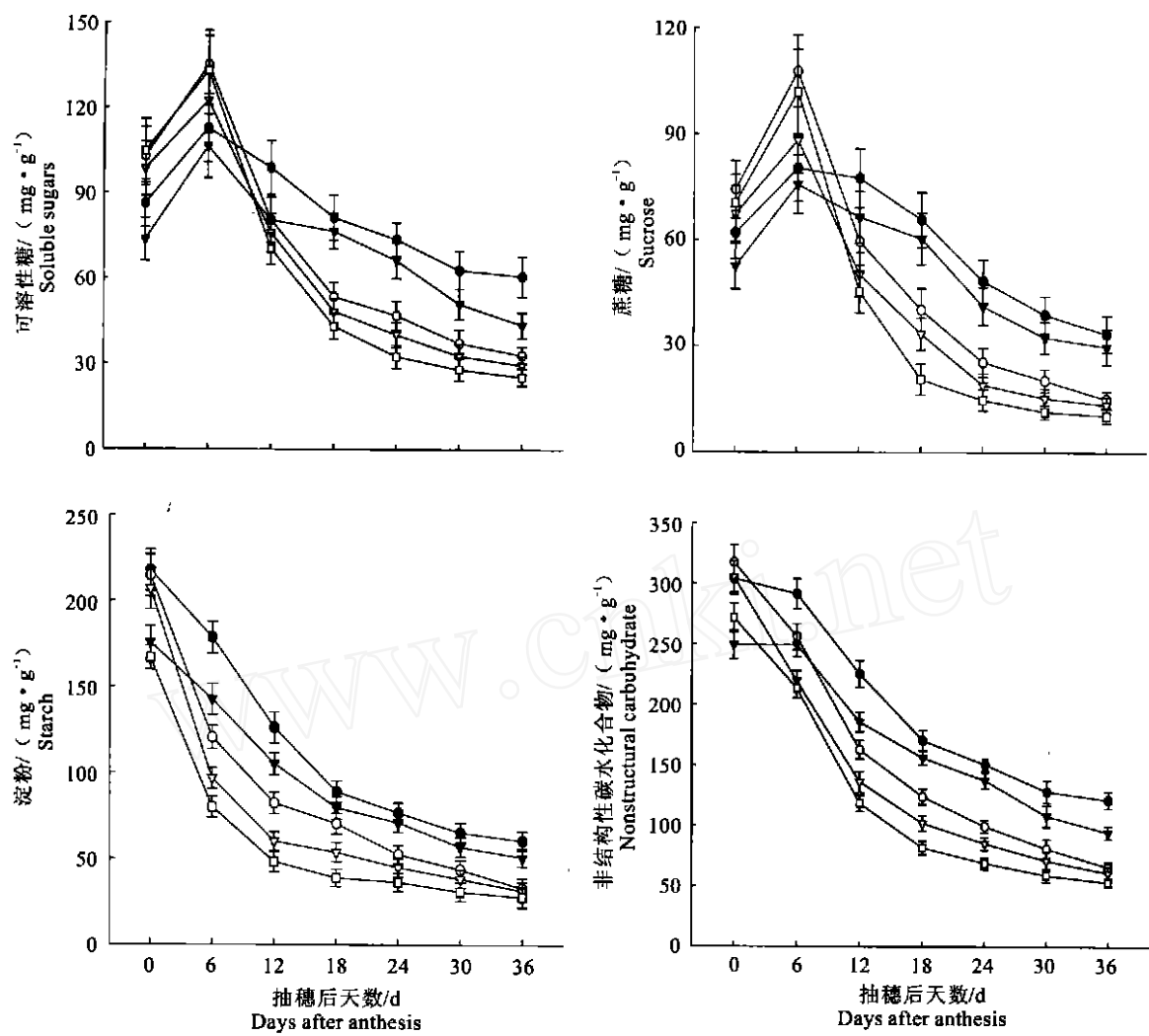


图 2 各供试品种茎鞘中非结构性碳水化合物含量的变化
- ● - . 两优培九; - ○ - . 扬两优 6 号; - ▼ - . 103S/郑粳 2 号; - ▽ - . 丰优香占; - □ - . 汕优 63
Fig. 2 Changes in nonstructural carbohydrate concentrations in the internode of tested varieties
- ● - . Liangyoupeiiju; - ○ - . Yangliangyou 6; - ▼ - . 103S/Zhengjing 2; - ▽ - . Fengyouxiangzhan; - □ - . Shanyou 63

表 7 供试品种籽粒灌浆特征参数

Table 7 Parameters of grain-filling characteristics					
品 种 Varieties	达最大灌浆 速率时间/d Time reaching maximum grain- filling rate	最大灌浆速率/ (mg · d ⁻¹ · 穗 ⁻¹) Maximum grain- filling rate	平均灌浆速率/ (mg · d ⁻¹ · 穗 ⁻¹) Mean grain- filling rate	起始灌浆势 Initial growth power	籽粒达最大粒重 所需时间/d Time to reach maximum grain weight
两优培九 Liangyoupeiiju	13.91	1.857	0.667	0.2327	27.62
扬两优 6 号 Yangliangyou 6	12.67	2.022	0.828	0.3014	23.41
103S/郑粳 2 号 103S/Zhengjing 2	18.72	1.672	0.622	0.2034	30.17
丰优香占 Fengyouxiangzhan	12.08	2.034	0.836	0.3268	23.86
汕优 63 Shanyou 63	11.57	2.148	0.837	0.3345	20.65

3 讨 论

3.1 茎鞘物质的积累、转运与籽粒充实的关系

戚昌翰^[8]指出,水稻高产的主要原因是前期干物质积累多,且后期运转率高。凌启鸿^[9]则认为,抽穗期干物质积累与产量无明显关系,水稻产量取决于抽穗至成熟的光合生产能力。严进明等^[10]研究认为,重穗型杂交稻抽穗后光合能力强,但光合产物运转效率差。本研究结果表明,抽穗前干物质积累量在两系和三系杂交稻中差异甚小,与籽粒产量的相关关系不显著($r=0.0151$);而抽穗后光合产物的积累量表现为两系杂交稻显著高于三系杂交稻,与籽粒产量相关关系也不显著($r=0.4775$),但茎鞘物质输出率与结实率和充实率存在显著相关关系(r 为 0.9137^* 和 0.9475^*),茎鞘物质的转换率与结实率和充实率也存在显著或极显著相关关系(r 为 0.9356^* 和 0.9745^{**})。由此可以说明,干物质生产能力仅是产量形成的基础,产量并非与干物质积累同步增加,而茎鞘物质的输出率和转换率是籽粒充实的关键,是两系杂交稻光合生产优势转变为经济产量优势的决定因素。

3.2 茎鞘非结构性碳水化合物转运与籽粒充实的关系

灌浆结实期茎鞘中高含量的可溶性糖是茎鞘物质转运活跃的特征,物质转运早和持续时间长,物质转运率就高。蔗糖是植物体内碳水化合物转运的主

要形式,转运活跃时期蔗糖含量特别高。抽穗期茎鞘中贮藏的可用性糖不仅是籽粒灌浆物质的组成部分,而且对灌浆初期激发库的活性、启动和促进籽粒灌浆有显著作用。王志琴等^[11]研究表明,灌浆初期糖花比高的品种谷粒充实率高,本试验中 5 个品种的糖花比变化趋势与其结实率和充实率趋势基本一致。高的糖花比是促进籽粒灌浆的前提,但还需通过高的茎鞘物质输出率和转换率来实现,茎鞘非结构性碳水化合物的转换率,与结实率和谷粒充实率呈显著的相关关系(r 为 0.9013^* 和 0.9304^*)。综上所述,茎鞘贮藏的非结构性碳水化合物应具备以下对产量形成的有利条件:1) 抽穗前应积累尽可能多的非结构性碳水化合物,即提高糖花比;2) 灌浆初期,贮藏的非结构性碳水化合物要较快地输出去,激发库的活性,启动和促进更多的籽粒灌浆,以减少空秕粒的产生,进而提高千粒重,即提高早期的输出率和转换率,以实现应有的产量潜力。

3.3 茎鞘非结构性碳水化合物转运与籽粒灌浆特性

提高灌浆速率才能提高充实率,最大灌浆速率虽是反映籽粒灌浆的一个重要指标,但这种速度能持续多久,还需结合平均速率来分析。茎鞘非结构性碳水化合物的输出率与籽粒灌浆特征值之间均存在着密切的相关关系,它控制着籽粒灌浆的整个过程,不仅决定最大灌浆速率,而且决定平均灌浆速率,是影响谷粒充实率的决定因素。

[参考文献]

- [1] 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
- [2] 洪植蕃,林 菲,庄宝华,等. 两系杂交稻栽培生理生态特性[J]. 福建农学院学报, 1992, 21(2): 129- 136
- [3] 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
- [4] 李义珍,黄育民,庄占龙,等. 杂交水稻高产群体干物质积累转运 碳水化合物的积累运转[J]. 福建农学院学报, 1996, 11(2): 1- 6
- [5] 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, 10(3): 296- 302
- [6] 杨从党,周 能,袁平荣,等. 水稻结实率和若干生理因素的品种间差异及其相关研究[J]. 中国水稻科学, 1998, 12(3): 144- 148
- [7] 朱庆森,曹显祖,骆亦其. 水稻籽粒灌浆的生长分析[J]. 作物学报, 1988, 14(3): 182- 193
- [8] 戚昌翰. 水稻品种的库源关系与调节对策简论[J]. 江西农业大学学报, 1993, 15(3): 1- 5
- [9] 凌启鸿. 作物群体质量[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 2000
- [10] 严进明,翟虎渠,张荣铄,等. 重穗型杂交稻光合和光合产物运转特性研究[J]. 作物学报, 2001, 27(2): 261- 266
- [11] 王志琴,杨建昌,朱庆森,等. 水稻抽穗期茎鞘贮藏的可用性糖与籽粒充实的关系[J]. 江苏农学院学报, 1997, 18(4): 13- 17

(下转第 19 页)

- [12] A raus J L, Tapia L, Calafée R. Ontogenetic changes in photosynthetic capacity and dry matter production of wheat flag leaves during the grain filling period[J]. *Photosynth Res*, 1986, 8: 209- 218
- [13] Goodenough U N, Levi R P. Chloroplast ultrastructure in mutant strains of *Chlamydomonas reinhardtii* lacking components of the photosynthetic apparatus[J]. *Plant Physiol*, 1969, 44: 990- 1000
- [14] 王群瑛, 胡常浩. 玉米不同叶位叶片叶绿体超微结构与光合性能的研究[J]. *植物学报*, 1988, 30(2): 146- 150

Change characteristics of the top-three leaves' structure in wheat development process

M IAO Fang, ZHANG Song-wu

(College of Life Sciences, Northwest Sci-Tech University of Agriculture and Forestry, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract: The top-three leaves' micro-structure and ultra-structure of different wheat varieties were observed under optical and electrical microscopes by routine slicing method. The results indicate that, with the ascending of leaf location, leaf epidermis stomata become small and its amount increases; the interval between veins becomes short; mesophyll cells become small and arranged more closely, amount of mesophyll cells in unit cross-section area and chloroplasts in a single mesophyll cell increase, and the percent of higher granular lamellae in chloroplast decreases.

Key words: wheat; plant development; top-three leaves; leaf structure

(上接第 14 页)

Study on the characteristics of carbohydrate transfer of stem and sheath and grain-filling in two-line hybrid rice

ZHAO Bu-hong^{1,2}, XIL ing-lin², YANG Jian-chang¹,
WANG Zhi-qin¹, ZHU Qing-sen¹, ZHANG Hong-xi²

(1 College of Agronomy, Yangzhou University, Yangzhou, Jiangsu 225009, China;

2 Liaohaihe Region Agricultural Research Institute of Jiangsu, Yangzhou, Jiangsu 225007, China)

Abstract: The translocation characters of reserves in stem and sheath and its relation to the grain filling were studied during ripening stage with different types two-line hybrid rice. The results showed that: Two-line hybrid rice had obviously higher net photosynthetic rate and dry matter accumulation after heading than that in three-line hybrid rice. EPM SS had significant positive correlations with the ripened grains, the degree of grain-filling, the maximum grain-filling rate and the mean grain-filling rate. The reserves and its translocation of stem and sheath in basic parts were high in all varieties. Because of earlier redistribution and higher amount of translocation of reserves of stem and sheath in the early filling, the translocation rate, the ripened grains and the degree of grain-filling were higher. The result showed the redistribution of reserves in the early filling was important to the grain filling. Improving carbohydrate/spikelet ratio before heading stage and accelerating usable carbohydrate transfer to grains at the beginning of filling are helpful to activate the activities of grains, accelerate filling, reduce unfilled-grain and improve grain plumpness.

Key words: two-line hybrid rice; redistribution of reserves in stem and sheath; grain plumpness