

不同粒型优质稻花后干物质流转特性研究

胡钧铭, 江立庚, 曾 可, 莫润秀, 丁成泉, 张 玉

(广西大学 作物栽培学与耕作学省级重点开放实验室, 广西 南宁 530005)

摘要:选取2个具有代表性的不同穗粒优质籼型水稻品种八桂香(大粒型)和桂华占(小粒型),通过早、晚稻品种比较试验,研究了优质稻花后叶、茎鞘内干物质流转动态特性及籽粒实时生长状况.结果表明:优质稻花后茎、叶干质量逐渐减少,供籽粒灌浆的绿叶流转量早稻大于晚稻,茎鞘流转量晚稻大于早稻;地上总干质量呈上升趋势,增长关键期为3~12 d;早稻干物质积累和启动时期要早于晚稻,晚稻茎鞘物质储存多,转运率高,后期光合功能丧失较快,积累干物质少;不同穗粒型优质稻籽粒干物质灌浆积累和动态存在较大差异,小粒型灌浆启动时间早于大粒型,延迟时间晚于大粒型,大粒型最大灌浆速率大于小粒型.

关键词:优质籼稻; 不同粒型; 干物质; 流转特性; 籽粒生长

中图分类号:S511.01

文献标识码:A

文章编号:1001-411X(2010)01-0001-05

Research on Dry Matter Translocation Characteristics of Different Spike Type of the High Quality *Indica* Rice After Anthesis

HU Jun-ming, JIANG Li-geng, ZENG Ke, MO Run-xiu, DING Cheng-quan, ZHANG Yu

(Key Laboratory of Crop Cultivation and Farming System, Guangxi University, Nanning 530005, China)

Abstract: This experiment was conducted to analyze the dynamic characteristics of the translocation of dry matter and grain growth post-heading in two the high quality varieties of *indica* rice, Baguixiang (long grain), Guihuazhan (short grain). The results showed that the dry matter mass in stem and leaf was reduced gradually for the grain filling, the translocation rate of green leaf in the early season was more than that in the later season, and the translocation rate of stem sheath in the later season was bigger than that in the early season. The total dry matter mass on ground gradually increased and the growth critical period was 3–12 days after anthesis. The time of dry matter accumulation and start in early season was earlier than that in the later season. The dry matter accumulated in stem and sheath of high quality varieties of *indica* rice in early season was high and its transportation rate was much more. The function of photosynthesizes declined more quickly and the accumulation of dry matter in leaf was also fewer in later period. There was difference in dry matter accumulation to the different spike type rice during grain filling, the short grain rice was advantageous to the material accumulation, its starting time of grain filling was earlier than that of the long grain rice while its delaying time was later than that of the long grain rice, and the maximum of grain filling rate of the long grain rice was higher than that of the short grain rice.

Key words: good-quality *indica* rice; different grain; dry matter; translocation dynamic characteristics; grain growth

收稿日期:2008-10-15

作者简介:胡钧铭(1974—),男,博士研究生;通讯作者:江立庚(1965—),男,教授,E-mail:jiang@gxu.edu.cn

基金项目:国家自然科学基金(30560066);广西研究生教育创新计划资助项目(2007105930901M75,2009105930901D010)

南方作为我国籼稻主产区,受品种、环境影响,品质普遍较差.随着社会经济发展和生活水平的不断提高,人们对稻米品质要求越来越高,发展优质籼稻生产越来越受到政府和科学工作者的高度重视^[1-2].作物产量与品质的形成过程,实质上是光合物质生产及干物质积累、流转过程^[3-9].有关水稻干物质转运对籽粒产量的贡献,有的认为是花前干物质流转^[10],有的则认为主要靠抽穗后的干物质生产流转^[11-14],还有的认为依靠前后两段时间物质流转^[8-9,15].栽培学上强调“个性”与“因地制宜”相结合原则,针对南方高光强但光照相对不足,晚籼稻谷品质普遍要优于早籼稻谷,加强对南方优质稻基础理论研究尤为必要.本试验以优质籼稻花后地上植株单茎为材料,探讨了优质稻花后干物质的流转特性,为实现优质籼稻高效精确栽培调控技术以及杂交稻品质改良育种提供理论依据.

1 材料与方法

试验于2007年早、晚稻分别在广西大学农学院实验农场进行,试验田土壤主要理化特性:pH6.55,全氮1.76 mg/kg,碱解氮124.29 mg/kg,速效磷30.90 mg/kg,速效钾22.41 mg/kg,有机质22.6 g/kg.

选用2个在广西具有代表性的不同穗粒型优质籼稻品种八桂香(大粒型)和桂华占(小粒型),随机区组设计,3次重复,小区面积36 m²,小区四周作高30 cm、宽20 cm田基,田基盖覆膜并入土20 cm以防肥水渗漏流失.重复间预留60 cm走道用于田间作业和调查取样.早稻于3月10日、晚稻于7月24日播种,采用半水育秧.早稻于4月10日、晚稻于8月12日四叶期按照30 cm×12 cm规格人工每穴双本移栽.试验田施用尿素320 kg/hm²、过磷酸钙456 kg/hm²、氯化钾225 kg/hm²,磷肥全部作基肥一次施用,氮肥的50%作基肥、30%作分蘖肥、20%作穗肥施用,钾肥的60%作基肥、40%作分蘖肥.其他田间管理同常规优质稻大田生产.

抽穗期标记同期抽穗长势一致的单茎300~350个,自标记当天开始取样,以后每3 d取样1次,总计11次.每次取25个单茎,分成穗、叶片、茎鞘3部分,105℃杀青0.5 h后,80℃烘干至恒质量后称质量.选择具代表性的5穗,每穗取中部籽粒20粒,前6期采取人工徒手剥除颖壳,第7期用糙米机进行脱糙,将糙米称质量,用于分析籽粒灌浆动态.籽粒灌浆动态采用Richards模拟^[16-17].

试验数据通过SPSS13.0、DPS3.01、CurvExpert1.3和Microsoft Excel 2003进行统计分析和制图.

2 结果与分析

2.1 花后单株绿叶干质量流转特性

由图1可以看出,优质稻花后单株叶片干物质质量呈下降趋势,干质量下降速率早稻大于晚稻.早稻同期叶片干物质质量要高于晚稻,八桂香单株叶干质量高于桂华占.早稻八桂香单株叶干质量花后干物质转运率为42.19%,其花后生育期内干物质日流动量为0.012 g,晚稻转运率为21.03%,日流动量为0.006 g.桂华占早稻单株叶干质量花后干物质转运率为41.70%,其花后生育期内干物质日流动量为0.011 g,晚稻转运率为29.08%,日流动量为0.006 g.八桂香花后绿叶干物质对籽粒的流动贡献率早稻为14.54%,晚稻为7.47%,桂华占花后绿叶干物质对籽粒的流动贡献率早稻为11.61%,晚稻为7.57%.优质稻大粒型八桂香绿叶干质量同期高于桂花占,但是小粒型桂华占晚稻转运率高于大粒型八桂香,早稻地上绿叶对籽粒的流动贡献率要高于晚稻,干物质的减少幅度大于晚稻,大粒型优质稻的干物质对籽粒的流动贡献率要大于小粒型,早稻变化幅度明显大于晚稻,说明有更多的物质参与花后转运.

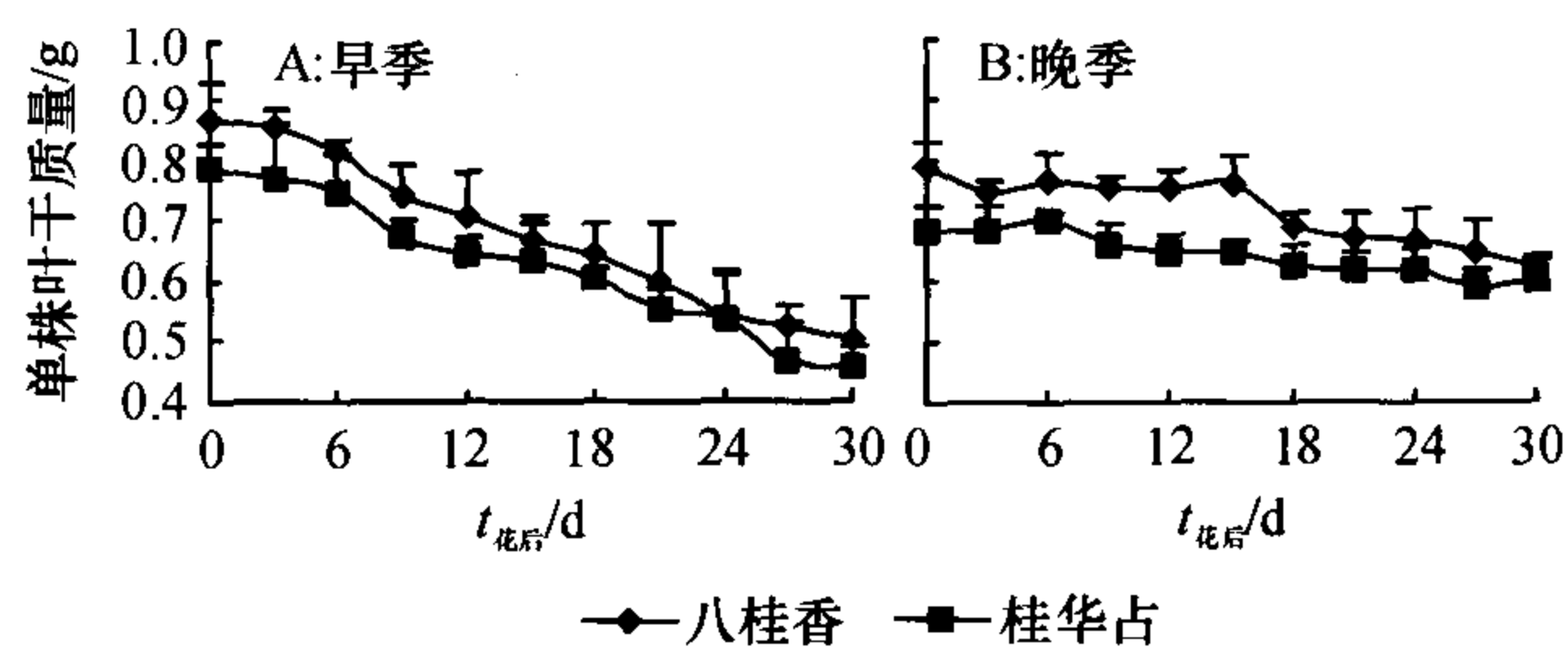


图1 不同粒型优质稻早稻和晚稻花后单株绿叶干质量动态变化

Fig. 1 Dynamic changes in leaf dry matter of different grain size rice cultivars after heading at early and late season

2.2 花后单茎干质量流转特性

由图2可以看出,花后单茎干质量早稻呈先升后降再升,晚稻则呈现持续下降后再小幅回升趋势,单茎干质量早、晚稻后期都有所积累,但早稻积累量要高于晚稻.由图2还可以看出桂华占单茎干质量在花后整个生育期都比八桂香要高,但是早稻花后前3 d单茎干质量还在继续积累,而晚稻则表现花后逐渐减少;八桂香早稻花后前0~15 d一直处于下降

状态,15 d后开始回升;晚稻八桂香则一直处于下降状态。

在早稻花后生育期内,八桂香的单茎鞘内干物质转运率为16.82%,晚稻转运率达32.41%;花后生育期内干物质日流动量早稻为0.009 g,晚稻为0.023 g。桂华占早稻单茎干质量转运率为19.31%,晚稻转运率为33.12%;干物质日流动,早稻为0.011 g,晚稻为0.033 g,八桂香花后单茎鞘内干物质对籽粒的流动贡献率,早稻为11.29%,晚稻则达24.37%。桂华占花后单茎鞘内干物质对籽粒的流动贡献率,早稻为13.13%,晚稻则为25.67%。可见,晚稻茎鞘内干物质转运率、日流动量及对籽粒的贡献要远高于早稻。

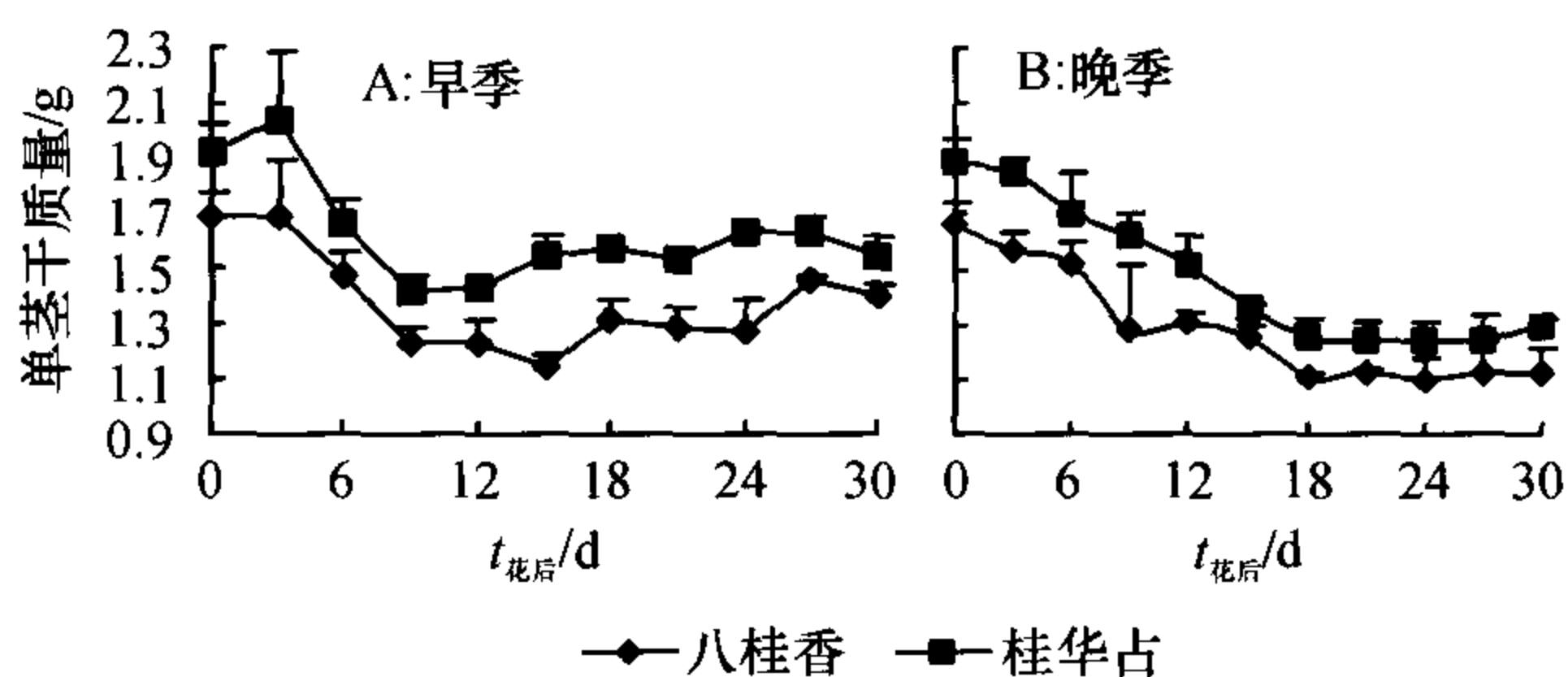


图2 不同粒型优质稻早稻和晚稻花后单茎干质量动态变化
Fig. 2 Dynamic changes in stem dry matter of different grain size rice cultivars after heading at early and late season

2.3 花后地上茎叶比流转特性

由图3可以看出优质稻花后地上茎与叶干质量比呈先下降后回升的趋势,早稻花后15 d就出现回升,晚稻在花后21 d才出现缓慢回升。优质稻桂华占茎叶干质量比在花后整个生育期内都比八桂香高,这主要因为宽长大叶型八桂香花后叶干质量要超过窄挺叶型的桂花占,而花后茎鞘干质量八桂香又低于桂花占。地上绿叶花后干质量下降,造成合成有机物质的源受到抑制,这时原本作为缓冲库接受叶片光合积累的同化物质茎鞘,也开始把储藏的物质作为源转流供应籽粒灌浆。晚稻花后茎叶干质量比下降率大于早稻,而早稻花后茎叶干质量比回升率高于晚稻,这可能因为早稻花后处于高温期,使茎干物质下降后再次有所积累,绿叶干质量衰减缓慢;而晚稻茎后期虽然也有所积累,但是绿叶干物质下降更快。

2.4 花后单穗粒质量流转特性

由图4可以看出,穗粒干质量由低到高逐渐增加到趋于平衡,桂华占穗粒干质量要高于八桂香,早稻变化趋势大于晚稻,因八桂香籽粒属于大粒型而

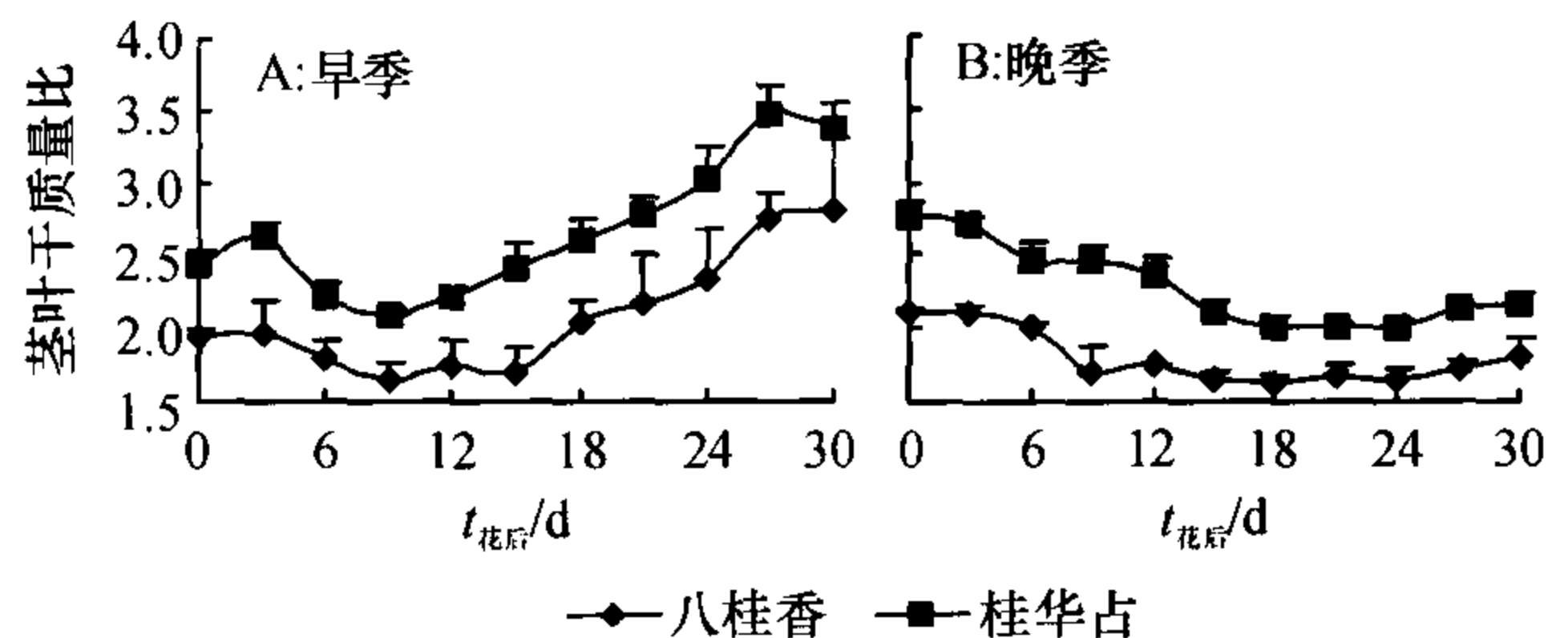


图3 不同粒型优质稻早稻和晚稻花后地上茎叶干质量比动态变化
Fig. 3 Dynamic changes in ratio of stem and leaf dry matter on the earth of different grain size rice cultivars after heading at early and late season

桂华占属于小粒型,故表现出桂华占穗粒数多于八桂香。品种内,穗粒干质量日流动量和穗粒终极量早稻大于晚稻;晚稻表现小粒型大于大粒型。在早稻花后生育期内,八桂香早稻穗粒干质量日流动量为0.068 g,穗粒干质量终极量2.52 g,晚稻穗粒干质量日流动量为0.059 g,干质量终极量2.22 g;桂华占早稻单穗籽粒干质量日流动量为0.068 g,花后穗粒干质量终极量2.82 g,晚稻日流动量为0.065 g,花后穗粒干质量终极量2.33 g。

优质稻花后前3 d内籽粒干质量增加比较缓慢,花后3~15 d处于快速增长期,籽粒充实快,干物质积累多,是决定穗粒质量的关键期,花后15 d后单穗籽粒干质量增长开始趋于平稳,早稻比晚稻到达最大干质量增长时间要稍长,早稻在花后18 d,而晚稻在花后15 d左右,这可能是一般早籼产量高于晚籼稻的原因所在。

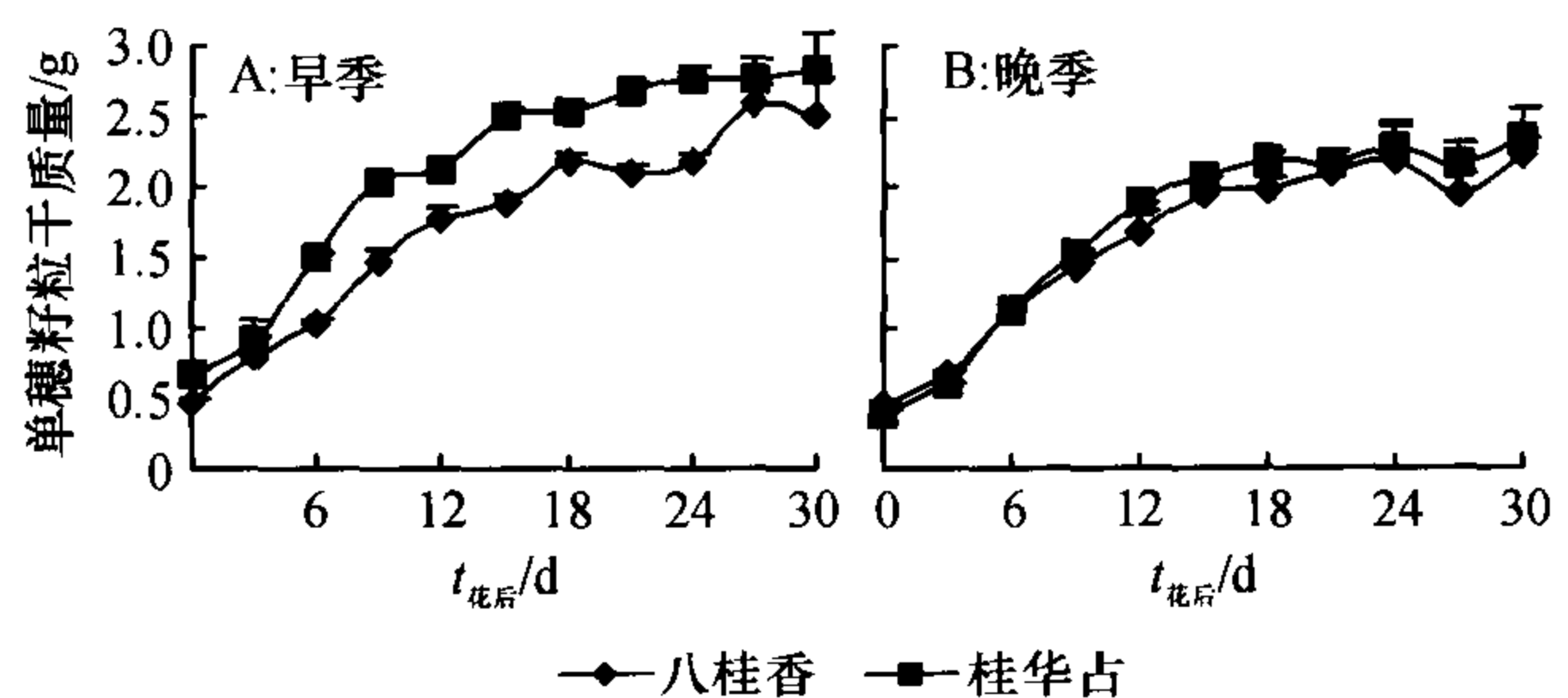


图4 不同粒型优质稻早、晚稻花后单穗籽粒干质量动态变化
Fig. 4 Dynamic changes in dry matter of different grain size rice cultivars after heading at early and late season

2.5 花后地上总干物质流转特性

由图5可以看出地上总干物质呈先上升后趋于平稳的趋势,早稻花后前15 d一直处于线性增长,15 d后地上总干质量增加则趋于平稳;晚稻花后前3 d增加较缓和,而3~12 d趋于直线增长,而12 d后

增长较少,趋于稳定,因此花后地上干物质积累的关键期是花后3~12 d,早稻积累启动和延迟时间,都比晚稻要迟,这可能是优质稻早稻产量高于晚稻的重要原因.桂华占地上干物质同期积累量比八桂香高.

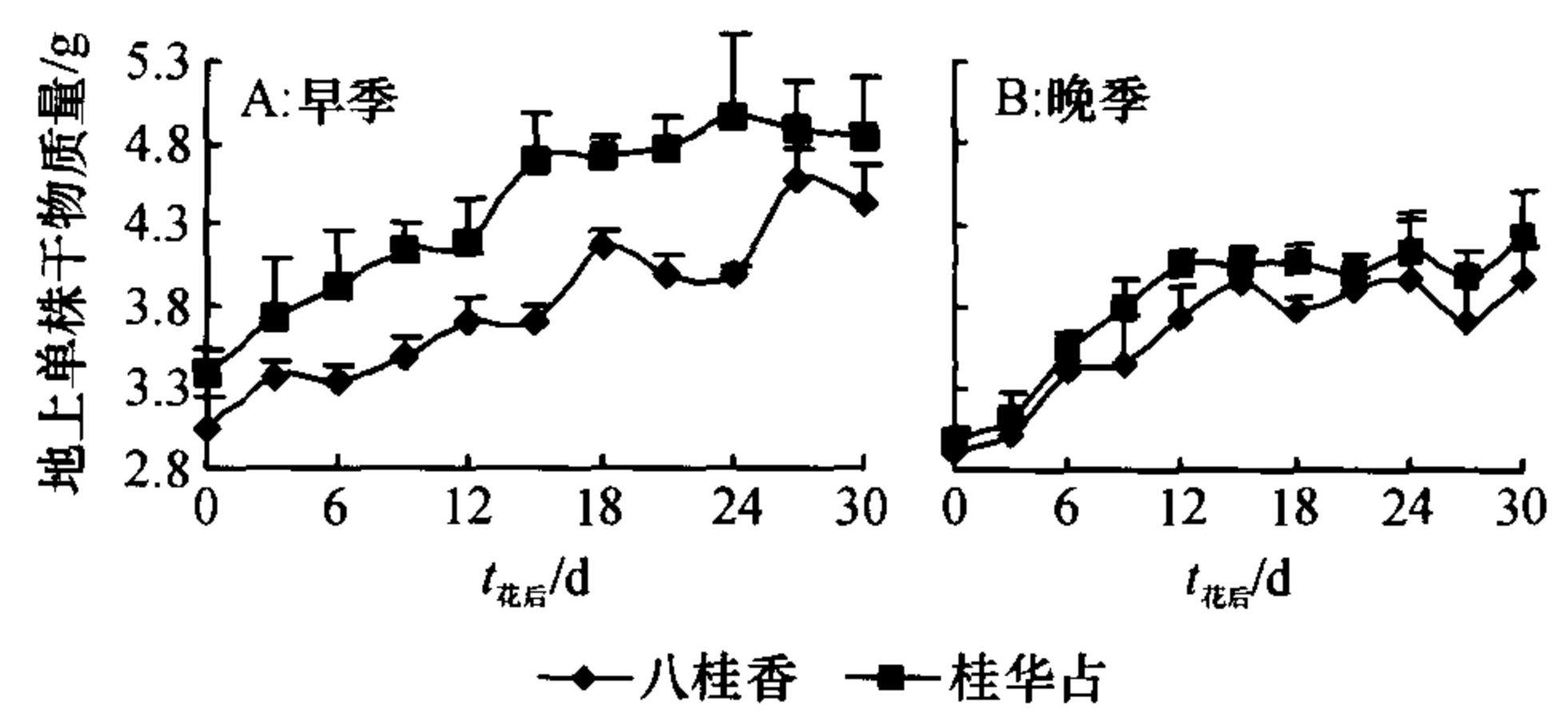


图5 不同粒型优质稻早、晚稻花后地上总干质量动态变化
Fig.5 Dynamic changes in total dry matter on the earth of different grain size rice cultivars after heading at early and late season

2.6 籽粒灌浆特性

由图6可以看出,不同粒型优质稻花后籽粒灌浆速率明显不同.早稻桂华占到达最大灌浆速率比八桂香要早;晚稻八桂香和桂华占到达最大灌浆速率的时间则非常接近,但是,八桂香最大灌浆速率早、晚稻都大于桂华占,这与八桂香大粒型密切相关,籽粒库需要更多物质进行灌浆充实以满足自身

生长发育需要,但是花后21 d桂华占的灌浆速率大于八桂香,这可能是桂华占品质更优于八桂香的重要原因,灌浆期长有利于物质的积累.

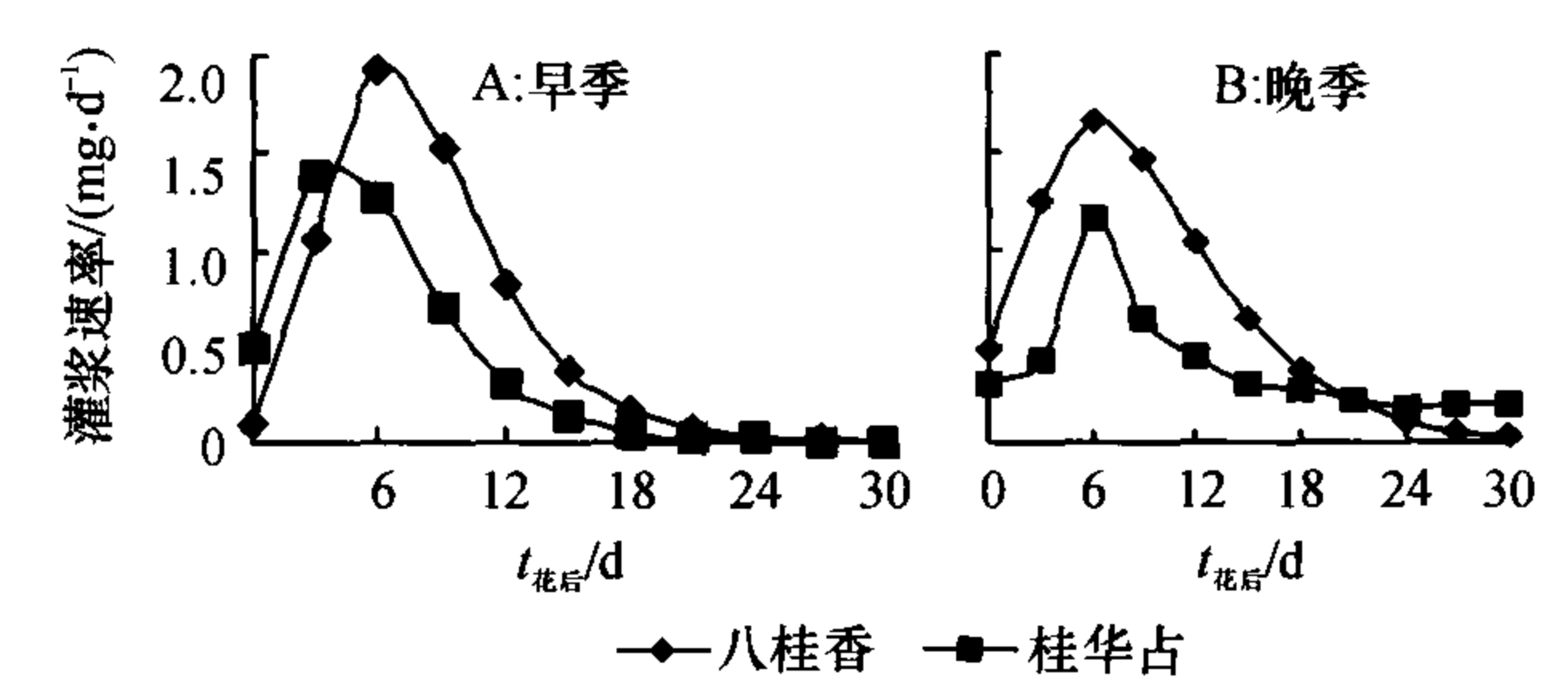


图6 不同粒型优质稻早、晚稻花后籽粒灌浆速率动态变化
Fig.6 Dynamic changes in grain filling of different size rice cultivars after heading at early and late season

表1列出不同水稻籽粒增质量的Richards模拟方程.各品种的拟合度都在0.99以上,达到极显著水平,且决定系数大多都在0.98以上,表明所建立的方程对表达籽粒灌浆过程是可靠的,可以利用Richards方程对不同优质稻籽粒灌浆过程进行分析. Richards模拟方程中发现,晚稻糙米的最终质量、初值参数、形状参数都比早造要高,这与穗质量正好相反,但生长速率参数早、晚造变化是一致的,这可能就是早造产量高于晚造,而晚造的品质普遍比早造好的主要原因.

表1 不同水稻籽粒灌浆 Richards 模拟方程

Tab.1 Simulation equation of Richards of grain mas in different panicle type rice varieties

材料	造别	模拟方程 ¹⁾ $m = A / (1 + Be^{-Kt})^{1/N}$	相关系数(R)
八桂香	早造	$m = 18.248\ 03 / (1 + 0.143\ 357e^{-0.29371t})^{43.878\ 73}$	0.997\ 1**
	晚造	$m = 22.205\ 4 / (1 + 0.161\ 915e^{-0.208\ 363t})^{22.928\ 85}$	0.994\ 9**
桂华占	早造	$m = 13.218\ 11 / (1 + 0.163\ 223e^{-0.310\ 047t})^{21.15232}$	0.996\ 2**
	晚造	$m = 15.064\ 8 / (1 + 0.476\ 758e^{-0.221\ 653t})^{8.786\ 535}$	0.996\ 4**

1) m:籽粒质量;A:米粒最终质量参数;B:米粒质量初值参数;K:生长速率参数;N:形状参数;t:花后天数

3 讨论

本研究表明,优质稻花后茎叶干质量逐渐减少以供籽粒灌浆,绿叶流转早稻大于晚稻,茎鞘晚稻大于早稻.可能因为,优质稻早稻生长发育时间长于晚稻,后期叶片光合功能相对晚稻要强,光合积累物质多,推迟了成熟时叶片枯黄时间,叶片光合养分的运输使茎鞘内干物质含量又再次回升;晚稻生长发育时间相对较短,叶片光合积累干物质少且缓慢,茎鞘内干物质转运率要高,补偿了灌浆后期光合不足

而短缺的部分营养.说明光合物质有利于产量的提高,茎鞘叶内的流转物质更有利于改善稻谷品质,最终导致早稻产量高于晚稻、晚籼稻品质优于早籼稻.

花后地上总干质量呈上升趋势,增长的关键期是3~12 d;籽粒生长最终的物质积累不仅来自抽穗后叶片的光合作用,也有来自茎叶鞘内储存的干物质的转流再分配,这与前人的研究结果^[15,17-18]是一致的.由于优质稻后期光合作用功能丧失较快,直接导致群体早衰,形成常规优质稻优质与高产的矛盾,群体质量理论^[19]要求水稻高产群体与个体矛盾要达

到相互协调一致.从优质高产栽培角度保证前期生长与后期生长的一致性原则出发,要求科研人员在生产中应通过探索特定的栽培调控技术,晚稻要适当增施后期穗肥,搞好后期田间叶片养护,延长光合功能期,维持较高的光合效率,保证后期光合积累持续进行,促使更多有机物质积累转运;而早稻,尤其在南方光照不足地区,要保证优质稻前期肥力充足,以促进前期干物质的积累,后期要适当控制肥力,防止植株营养过剩造成倒伏,充分调动其前期积累的干物质向籽粒转运.这是培育高产优质水稻品种的一个重要途径.

不同穗粒型优质稻籽粒干物质灌浆积累和动态存在较大差异,小粒型灌浆启动时间早于大粒型,延迟时间超过大粒型,大粒型最大灌浆速率大于小粒型.这是因为大粒型优质水稻品种籽粒库利用和转化同化物能力较强,对茎秆中贮存缓冲物质提取能力大,缓解了光合产物供应与籽粒库光合产物需求之间的矛盾,以此来满足自身物质生长需要,又维持较高籽粒灌浆速率,但是小粒型灌浆速率在后期比大粒型优质稻八桂香要高,这可能是桂华占品质更优于八桂香的重要原因,灌浆期长有利于干物质的积累以及品质的优化.

参考文献:

- [1] 冯建成,郭福泰,赵铁鹏. 优质早籼稻品种的性状研究[J]. 中国农学通报,2008,24(4):211-215.
- [2] 谭长乐,张洪熙,戴正元,等. 优质籼稻扬稻6号库、源、流特性研究[J]. 中国农业科学,2003,36(1):26-30.
- [3] 殷宏章,沈允钢,陈因,等. 水稻开花后干物质的积累和运转[J]. 植物学报,1956,5(2):177-194.
- [4] SERGIO A U, FERNANDO H A. Nitrogen and carbon accumulation and remobilization during grain filling in maize under different source/sink ratios[J]. Crop Sci, 1995, 35: 183-190.
- [5] YING J, PENG S, HE Q, et al. Comparison of high-yield rice in tropical and subtropical environments: I: Determinants of grain and dry matter yields[J]. Field Crops Research, 1998, 57: 71-84.
- [6] 江立庚,甘秀芹,韦善清,等. 水稻物质生产与氮、磷、钾、硅素积累特点及其相互关系[J]. 应用生态学报, 2004, 15(2): 226-230.
- [7] 程旺大,张国平,赵国平,等. 嘉早935水稻覆膜早栽的物质积累及运转研究[J]. 作物学报, 2003, 29(3): 413-418.
- [8] 林贤青,王雅芬,朱德峰,等. 水稻茎鞘非结构性碳水化合物与穗部性状关系的研究[J]. 中国水稻科学, 2001, 15(2): 155-157.
- [9] 赵全志,黄丕生,凌启鸿. 水稻群体光合速率和茎鞘贮藏物质与产量关系的研究[J]. 中国农业科学, 2001, 34(3): 304-310.
- [10] 张洪松,岩田忠寿,佐滕勉. 粳型杂交稻与常规稻的物质生产及营养特性的比较[J]. 西南农业学报, 1995, 8(4): 11-16.
- [11] 凌启鸿,张洪程,蔡建中,等. 水稻高产群体质量及其优化控制探讨[J]. 中国农业科学, 1993, 26(6): 1-11.
- [12] 朱庆森,张祖建,杨建昌,等. 亚种间杂交稻产量源库特征[J]. 中国农业科学, 1997, 30(3): 52-59.
- [13] 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运转的研究[J]. 作物学报, 1997, 23(1): 82-88.
- [14] 杨惠杰,李义珍,杨仁崔,等. 超高产水稻的干物质生产特性研究[J]. 中国水稻科学, 2001, 15(4): 265-270.
- [15] 王永锐. 作物高产群体生理[M]. 北京:科学技术文献出版社, 1991: 337-350.
- [16] RICHARDS F J. A flexible growth function for empirical use[J]. Journal of Experimental Botany, 1959, 10(29): 290-300.
- [17] 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): 182-192.
- [18] 梁建生,曹显祖,张海燕,等. 水稻籽粒灌浆期间茎鞘贮存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.
- [19] 凌启鸿. 作物群体质量[M]. 上海:上海科学技术出版社, 2001.

【责任编辑 周志红】