

陈琛, 于小凤, 赵步洪, 等. 水稻大库容遗传群体源库性状、物质生产与分配的基本特征[J]. 江苏农业学报, 2019, 35 ( 5 ) : 1009-1014.  
doi: 10.3969/j.issn.1000-4440.2019.05.001

# 水稻大库容遗传群体源库性状、物质生产与分配的基本特征

陈琛<sup>1,2</sup>, 于小凤<sup>1,3</sup>, 赵步洪<sup>4</sup>, 高英博<sup>1</sup>, 舒小伟<sup>1</sup>, 徐杰皎<sup>1</sup>, 唐东南<sup>1</sup>, 黄建晔<sup>1</sup>,  
王余龙<sup>1</sup>, 姚友礼<sup>1</sup>, 董桂春<sup>1</sup>

(1.扬州大学江苏省作物遗传生理国家重点实验室培育点/农业部长江中下游作物生理生态与栽培重点开放实验室/粮食作物现代产业技术协同创新中心, 江苏 扬州 225009; 2.江苏丘陵地区镇江农业科学研究所, 江苏 镇江 212400; 3.江苏省连云港市海州区农林水利局, 江苏 连云港 222000; 4.江苏里下河地区农业科学研究所, 江苏 扬州 225007)

**摘要:** 在大田条件下,以染色体单片段代换系水稻群体 114 个株系为供试材料,采用聚类分析的方法依据供试群体库容量大小将其分为 6 种类型。结果表明:1) 供试群体库容量变幅为 676.80~1 326.43 g/m<sup>2</sup>, 666.7 m<sup>2</sup> 产量变幅为 311.74~763.35 kg, 供试材料间差异较大,同时随着库容量的增大,产量呈明显增加趋势;2) 大库容量水稻抽穗期 LAI, 成熟期 LAI 均显著大于其他类型,结实期叶面积下降比例较其他类型小;3) 大库容量水稻库容量大,库容量形成速率大,粒叶比大,结实期净同化率高;4) 大库容量水稻主要生育时期(抽穗期、结实期、成熟期等)群体干物质积累量均具有较大的优势,结实期的优势更明显,其单茎干质量及单穗干质量亦具有相似的特征;5) 大库容量水稻抽穗期茎鞘叶干质量比例大,穗干质量中等,成熟期这 2 个性状均为中等水平,经济系数中等偏上。大库容量水稻源足、库大,产量优势明显,但经济系数中等表明其库容量有进一步充实的潜力。

**关键词:** 库容量类型; 产量; 源库; 物质生产; 物质分配

**中图分类号:** S511 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-4440(2019)05-1009-06

## Fundamental features of source-sink properties, biomass production and distribution in rice genetic populations with high sink capacity type

CHEN Chen<sup>1,2</sup>, YU Xiao-feng<sup>1,3</sup>, ZHAO Bu-hong<sup>4</sup>, GAO Ying-bo<sup>1</sup>, SHU Xiao-wei<sup>1</sup>, XU Jie-jiao<sup>1</sup>,  
TANG Dong-nan<sup>1</sup>, HUANG Jian-ye<sup>1</sup>, WANG Yu-long<sup>1</sup>, YAO You-li<sup>1</sup>, DONG Gui-chun<sup>1</sup>

(1.Key Laboratory of Crop Genetics and Physiology of Jiangsu Province/Key Laboratory of Crop Physiology, Ecology and Cultivation in Middle and Low Reaches of Yangtze River of Ministry of Agriculture/Co-Innovation Center for Modern Production Technology of Grain Crops, Yangzhou University, Yangzhou 225009, China; 2.Zhenjiang Institute of Agricultural Sciences of the Ning-zhen Hilly District, Zhenjiang 212400, China; 3.Agriculture, Forestry and Water Conservancy Bureau, Lianyungang 222000, China; 4. Institute of Agricultural Science of the Lixiahe District in Jiangsu Province, Yangzhou 225007, China)

收稿日期: 2019-01-18

**基金项目:** 国家自然科学基金项目(31571608); 江苏省自然科学基金项目(BK20151311); 江苏省高校自然科学研究重大项目(15KJA210003); 江苏省农业科技自主创新基金项目[ CX ( 16 ) 1001、CX ( 18 ) 1002 ]; 上海农场项目(20141209000082); 江苏高校优势学科建设工程项目; 扬州市现代农业项目(YZ2017045)

**作者简介:** 陈琛(1990-), 男, 汉族, 江苏丹阳人, 博士, 助理研究员, 主要从事作物栽培生理、生态研究。(E-mail) 852235436@qq.com

**通讯作者:** 董桂春, (E-mail) gedong@yzu.edu.cn

**Abstract:** A total of 114 chromosome single segment substitution lines (CSSSLs) were analyzed in two consecutive years under field condition, and subcategorized into six types, according to their sink size by minimum square sum within groups (MinSSw) method. The results showed that there were significant differences among the CSSSL in their sink capacity and yield level, with the sink capacity range of 676.80–1 326.43 g/m<sup>2</sup> and 666.7

$\text{m}^2$  yield range of 311.74–763.35 kg. With the increase of sink capacity, the yield improved. The *LAI* at heading and maturity stage in the high sink capacity type were higher than those in any other types. And the *LAI* at grain-filling stage was going down a bit. The sink capacity and sink capacity formation rate, with a higher value in larger sink capacity type. The grain leaf ratio and net assimilation rate at grain-filling stage were also larger in high sink capacity type lines than those in other types. The dry matter production per unit area in high sink capacity type lines was higher than that in other types, especially in grain-filling stage. Similar trends were observed in the dry matter production per stem and dry weight per panicle. At heading stage, the stem-leaf dry weight ratio in the high sink capacity type was the largest, but the panicle ratio was at an intermediate level. However, at maturity stage, the stem-leaf and panicle ratios were at an intermediate level, as well as the harvest index. The source and sink in higher sink capacity type lines possess superior features than those in other types, and therefore a higher grain yield level. However, the intermediate level of harvest index suggests that the sink capacity can still be further enlarged.

**Key words:** sink capacity type; yield; source-sink; matter production; matter distribution

库容量是反映水稻植株储藏灌浆同化物能力的指标<sup>[1]</sup>,是农学家进行改良和调控的重点<sup>[2-4]</sup>。水稻产量水平与库容量大小关系密切<sup>[5]</sup>,库容量大的水稻具有较高的产量潜力<sup>[5-6]</sup>,而产量的形成受源库互作的影响<sup>[1]</sup>,是源向库转化的结果<sup>[7-9]</sup>,植株的同化产物则是源的重要组成部分<sup>[10]</sup>。因而,研究不同库容量类型水稻的物质生产与源库关系差异对高产栽培具有积极意义。有研究者指出,水稻植株叶面积和茎鞘干质量等较高时,光合产物供给充足<sup>[11-12]</sup>。若减小源库比,导致灌浆物质减少,籽粒充实度差,而增加源库比则相反<sup>[13-14]</sup>。此外,齐穗期叶面积系数(*LAI*)、结实期净同化率以大库容类型最高、小库容类型最低,而茎鞘质量和净同化率等则相反<sup>[15]</sup>。上述研究结论存在材料较少、背景复杂等不足,以遗传背景相似的大群体为研究材料与上述结论是否一致尚不清楚。为此,本研究选用染色体单片段代换系 114 个水稻株系为材料,在大田条件下研究大库容水稻生物产量和源库关系的特点,旨在为水稻源库关系改良和高产栽培提供参考。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验场地及研究材料

2012~2013 年在扬州大学试验田进行。试验地土壤为沙壤土,前茬为小麦,0~20 cm 耕层土壤(风干样)基本理化性质为有机质 15.4 g/kg、碱解氮 71.7 mg/kg、速效磷 20.7 mg/kg、速效钾 22.5 mg/kg。供试材料:将扬稻 6 号与日本晴进行杂交,而后杂交  $F_1$  代与扬稻 6 号不断回交构建染色体单片段代换系遗传群体(114 个株系)<sup>[16-19]</sup>,该材料由扬州大学梁国华教授课题组提供<sup>[19]</sup>。

### 1.2 材料培育及管理

5 月 15 日播种,大田湿润育秧,6 月 15 日人工移栽,大田栽培。株距、行距分别为 13.33 cm×26.67 cm,每小区面积为 7.2  $\text{m}^2$ 。基施磷肥( $\text{P}_2\text{O}_5$ ) 150 kg/ $\text{hm}^2$ ,氮肥(N) 240 kg/ $\text{hm}^2$ ,其中基肥:分蘖肥:穗肥=3:3:4。每株系重复 3 次,随机分布。适期防治病虫害,水稻生长状况良好。

### 1.3 测定指标与方法

1.3.1 生育期 分别于试验田中各株系 50%抽穗的日期和收获的日期记载为对应株系的抽穗期和成熟期。

1.3.2 叶面积 在抽穗期和成熟期普查穗数(茎蘖数),取 3 个重复,每重复 10 株,测定总叶面积。

1.3.3 各部位干物质量 按照方法 1.3.2 的方法进行调查取样。按茎鞘、叶和穗进行分样,杀青 30 min (105  $^{\circ}\text{C}$ ),烘干 72 h (80  $^{\circ}\text{C}$ ) 至恒质量后称取干物质量。

1.3.4 产量及其构成因素 按照方法 1.3.2 的方法进行调查取样。采用水漂法分离饱粒与瘪粒,按照公式计算每穗粒数:每穗粒数=饱粒数+瘪粒数,按照公式计算饱粒率:饱粒率=饱粒数/总粒数×100%,测定千粒质量(饱粒),计算理论产量。

### 1.4 数据计算和统计分析

部分指标计算公式:单位面积库容量=单位面积总粒数×千粒质量;*LAI*=单位面积叶面积/所占土地面积;比叶重=单位面积叶片干质量/单位面积叶面积;粒叶比=单位面积籽粒产量/单位面积叶面积;净同化率= $[(\ln LAI_b - \ln LAI_a) / (LAI_b - LAI_a)] \times [(W_b - W_a) / (t_b - t_a)]$ ,*LAI*<sub>a</sub>、*LAI*<sub>b</sub>是前后 2 次测量的叶面积系数,*W*<sub>a</sub>、*W*<sub>b</sub>是前后 2 次称取的干物质量,*t*<sub>a</sub>、*t*<sub>b</sub>是前后 2 次记录的时间;库容量形成速率=单位面积库容量/库容量形成天数。

在数据分析时将3个重复数据取平均值进行统计分析。因两年试验结果趋势一致,故对两年结果进行合并分析。采用扬州大学顾世梁<sup>[20]</sup>的聚类方法,将成熟期库容量进行聚类分析。数据处理和图表绘制采用Microsoft Excel 2010,统计分析采用SPSS 19.0,图标中*F*值和相关系数*r*值均以114个株系为样本量进行计算,以方差分析和*t*-检验同时分析数据差异性。

2 结果与分析

2.1 不同库容量水稻单位面积库容量和产量的差异

聚类分析以成熟期库容量为指标进行,将114个株系分成6种库容量类型,分别记作A、B、C、D、E、F(库容量逐渐上升)。由表1可知,随着库容量的增加,产量呈上升趋势。遗传群体株系单位面积库容量的变幅为676.80~1 326.43 g/m<sup>2</sup>,最高株系是最低株系的1.96倍;666.7 m<sup>2</sup>产量的变幅为311.74~763.35 kg,最大株系是最小株系的2.45倍。由表1可知,F类群体库容量分别较A、B、C、D、E类高56.71%、42.32%、30.49%、22.14%、12.57%,产量分别高60.83%、45.54%、32.37%、25.24%、18.85%。方差分析结果表明,不同类型间库容量(*F*=357.051)和产量(*F*=66.790)均具有显著差异。相关分析结果显示,产量与库容量呈线性正相关达极显著水平(*r*=0.896)。可见,较高的库容量是实现高产的基础。

表1 不同库容量水稻库容量及产量的差异

Table 1 Differences of sink capacity and yield of rice with different sink capacity

库容量类型	株系数	库容量(g/m <sup>2</sup> )	666.7 m <sup>2</sup> 产量(kg)
A	13	801.23±5.69f	454.91±13.22e
B	29	882.29±3.99e	502.70±4.69d
C	25	962.26±4.15d	552.73±7.14c
D	21	1 028.01±3.24c	584.20±4.01bc
E	17	1 115.43±6.81b	615.60±12.49b
F	9	1 255.65±12.86a	731.64±8.78a

表格中以字母A至F表示各库容量类型的库容量大小,A表示库容量为801.23 g/m<sup>2</sup>,B表示库容量为882.29 g/m<sup>2</sup>,C表示库容量为962.26 g/m<sup>2</sup>,D表示库容量为1 028.01 g/m<sup>2</sup>,E表示库容量为1 115.43 g/m<sup>2</sup>,F表示库容量为1 255.65 g/m<sup>2</sup>。同一列数据后不同小写字母表示差异显著(*P*<0.05)。

2.2 不同库容量水稻“源-库-流”相关指标的差异

2.2.1 叶面积系数与比叶重的差异 由表2可知,随着库容量的增加,抽穗期*LAI*、成熟期*LAI*和抽穗

期比叶重变化趋势均不明显,但F类抽穗期和成熟期*LAI*优势明显,但抽穗期比叶重显著小于其他类型。方差分析结果显示,不同类型水稻间抽穗期*LAI*(*F*=6.923)和成熟期*LAI*(*F*=13.205)差异均达极显著水平,抽穗期比叶重差异亦达显著水平(*F*=2.735)。相关分析结果表明,抽穗期*LAI*(*r*=0.393)和成熟期*LAI*(*r*=0.485)与库容量均呈显著线性正相关,而抽穗期比叶重(*r*=-0.140)与库容量呈负相关,未达显著水平。

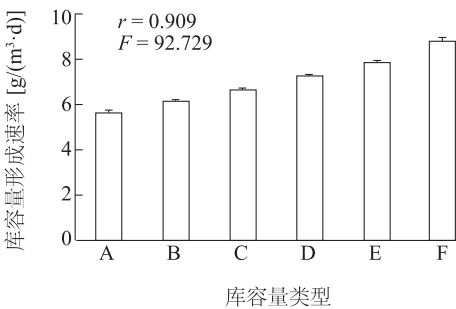
表2 不同库容量水稻叶面积系数及比叶重的差异

Table 2 Differences of *LAI* and specific leaf weight of rice with different sink capacity

库容量类型	抽穗期叶面积系数	成熟期叶面积系数	抽穗期比叶重(mg/cm <sup>2</sup> )
A	5.29±0.30b	1.98±0.16b	5.05±0.15a
B	5.79±0.12b	1.97±0.08b	4.88±0.08a
C	6.00±0.16b	2.28±0.09b	4.81±0.07a
D	5.89±0.10b	2.26±0.08b	4.95±0.05a
E	5.96±0.16b	2.31±0.26b	5.04±0.15a
F	7.81±0.49a	4.33±0.32a	4.28±0.10b

A、B、C、D、E、F见表1注。同一列数据后不同小写字母表示差异显著(*P*<0.05)。

2.2.2 库容量形成速率的差异 由图1可知,库容量从A至F,库容量形成速率呈上升趋势。方差分析结果表明,不同库容量类型库容量形成速率差异达极显著水平(*F*=92.729)。相关分析结果表明,库容量形成速率与库容量呈显著正相关(*r*=0.909)。



A、B、C、D、E、F见表1注。

图1 不同库容量水稻库容量形成速率的趋势

Fig.1 Trend of sink capacity formation rate of rice with different sink capacity

2.2.3 粒叶比及结实期净同化率的差异 由表3可知,库容量从A至F,粒叶比呈先上升后下降趋势,而结实期净同化率呈上升趋势。方差分析结果表明,不同类型间粒叶比(*F*=5.387)、结实期净同

化率 ( $F=9.939$ ) 均具有极显著差异。相关分析结果表明, 粒叶比 ( $r=0.397$ ) 和结实期净同化率 ( $r=0.520$ ) 均与库容量呈极显著正相关关系。

表 3 不同库容量水稻粒叶比和结实期净同化率的差异

Table 3 The differences of grain leaf ratio and the net assimilation rate at grain-filling stage of rice with different sink capacity

库容量类型	粒叶比 ( $\text{mg}/\text{cm}^2$ )	结实期净同化率 [ $\text{g}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$ ]
A	13.17 $\pm$ 0.51b	2.96 $\pm$ 0.59b
B	13.19 $\pm$ 0.30b	3.09 $\pm$ 0.26b
C	14.03 $\pm$ 0.37ab	3.66 $\pm$ 0.19b
D	15.02 $\pm$ 0.28ab	4.55 $\pm$ 0.28b
E	15.53 $\pm$ 0.51a	5.07 $\pm$ 0.65b
F	14.56 $\pm$ 0.52ab	9.36 $\pm$ 0.43a

A、B、C、D、E、F 见表 1 注。同一列数据后不同小写字母表示差异显著 ( $P<0.05$ )。

## 2.3 不同库容量水稻物质生产与分配的差异

2.3.1 群体干物质生产量的差异 由表 4 可知, 库容量从 A 至 F, 干物质生产量 (抽穗期、结实期和成熟期) 均呈上升趋势。方差分析结果显示, 不同类

型间成熟期干物质生产量 ( $F=36.199$ ) 和结实期干物质生产量 ( $F=21.785$ ) 差异均达极显著水平, 而抽穗期干物质生产量差异不大 ( $F=1.441$ )。相关分析结果表明, 抽穗期干物质生产量 ( $r=0.274$ )、成熟期干物质生产量 ( $r=0.811$ ) 和结实期干物质生产量 ( $r=0.696$ ) 均与库容量呈极显著正相关关系。由表 4 可知, 库容量从 A 至 F, 经济系数先升后降, F 类型处于中等水平。方差分析结果表明, 不同库容量类型间经济系数差异达显著水平 ( $F=2.448$ )。相关分析结果表明, 经济系数与库容量呈极显著正相关关系 ( $r=0.262$ )。

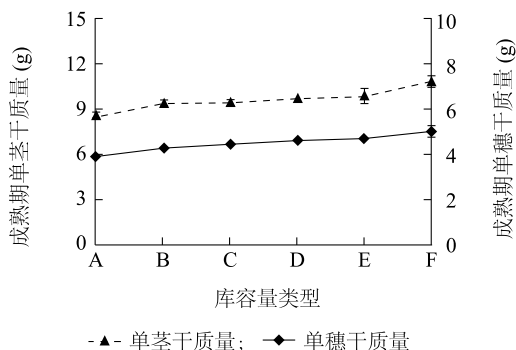
2.3.2 单茎干质量及单穗干质量的差异 由图 2 可知, 随着库容量的增加, 成熟期单茎干质量和成熟期单穗干质量均呈上升趋势。方差分析结果显示, 不同类型间成熟期单茎干质量 ( $F=3.822$ )、单穗干质量 ( $F=9.097$ ) 均具有极显著差异。相关分析结果表明, 成熟期单茎干质量 ( $r=0.411$ ) 和成熟期单穗干质量 ( $r=0.579$ ) 均与库容量呈极显著正相关关系。

表 4 不同库容量水稻经济系数及抽穗期、结实期和成熟期群体干物质生产量的差异

Table 4 The differences of economic coefficient and dry matter production per unit area at heading, maturity and grain-filling stages of rice with different sink capacity

库容量类型	抽穗期干物质生产量 ( $\text{g}/\text{m}^2$ )	结实期干物质生产量 ( $\text{g}/\text{m}^2$ )	成熟期干物质生产量 ( $\text{g}/\text{m}^2$ )	经济系数
A	1 091.49 $\pm$ 12.57a	364.32 $\pm$ 15.68d	1 455.82 $\pm$ 14.90e	0.47 $\pm$ 0.01a
B	1 151.33 $\pm$ 17.97a	443.60 $\pm$ 22.12cd	1 594.93 $\pm$ 18.26de	0.47 $\pm$ 0.01a
C	1 153.05 $\pm$ 19.01a	539.14 $\pm$ 19.54bc	1 692.18 $\pm$ 16.54cd	0.49 $\pm$ 0.01a
D	1 169.30 $\pm$ 15.30a	602.38 $\pm$ 20.78bc	1 771.68 $\pm$ 16.17bc	0.50 $\pm$ 0.00a
E	1 204.78 $\pm$ 11.56a	672.09 $\pm$ 21.53b	1 876.87 $\pm$ 18.00b	0.49 $\pm$ 0.01a
F	1 238.67 $\pm$ 23.80a	1 050.06 $\pm$ 16.16a	2 288.73 $\pm$ 18.42a	0.49 $\pm$ 0.03a

A、B、C、D、E、F 见表 1 注。同一列数据后不同小写字母表示差异显著 ( $P<0.05$ )。



A、B、C、D、E、F 见表 1 注。

图 2 不同库容量水稻成熟期单茎干质量和单穗干质量

Fig.2 Dry matter production per tiller and dry matter production per spike at maturity stage of rice with different sink capacity

2.3.3 物质分配的差异 由表 5 可知, 随着库容量的上升, 抽穗期和成熟期茎鞘叶干质量比例及穗干质量比例变化均不明显。方差分析结果显示, 不同类型间成熟期茎鞘叶质量比例 ( $F=3.464$ ) 和穗干质量比例 ( $F=3.464$ ) 均具极显著差异, 而不同库容量类型间抽穗期茎鞘叶质量比例 ( $F=1.153$ ) 和穗干质量比例 ( $F=1.153$ ) 均差异不大。相关分析结果表明, 成熟期茎鞘叶质量比例与库容量呈极显著负相关关系 ( $r=-0.298$ ), 成熟期穗干质量比例与库容量呈极显著正相关关系 ( $r=0.298$ ), 而抽穗期茎鞘叶质量比例 ( $r=0.119$ ) 和抽穗期穗干质量比例 ( $r=-0.119$ ) 与库容量关系均不大。



表 5 不同库容量水稻抽穗期和成熟期器官干质量比例的差异  
Table 5 The differences of organ dry weight ratio at heading and maturity stage of rice with different sink capacity

库容量类型	抽穗期		成熟期	
	茎鞘叶干质量比例(%)	穗干质量比例(%)	茎鞘叶干质量比例(%)	穗干质量比例(%)
A	79.84±1.08a	20.16±1.08a	54.92±0.67a	45.08±0.67a
B	79.92±0.62a	20.08±0.62a	54.42±0.51a	45.58±0.51a
C	81.75±0.66a	18.25±0.66a	52.87±0.56a	47.13±0.56a
D	81.07±0.58a	18.93±0.58a	52.19±0.39a	47.81±0.39a
E	80.91±0.98a	19.09±0.98a	51.76±1.34a	48.24±1.34a
F	82.28±1.36a	17.72±1.36a	53.43±0.86a	46.57±0.86a

同一列数据后不同小写字母表示差异显著(P<0.05)。

3 讨论

自源库理论提出以来,从源库角度探索水稻高产、优质的方法是科研工作者一直以来的工作重点,并相继提出“增源”、“扩库”和“源库关系协调”等理论<sup>[21]</sup>。前人研究指出,品种特点<sup>[22-23]</sup>、栽培方式<sup>[24-25]</sup>、生态环境<sup>[26]</sup>等均对源库特征有显著影响。水稻的源(功能叶片)<sup>[27]</sup>与库(穗部籽粒)<sup>[28]</sup>相互协调、互相制约。源对库提供关键物质,库也有效调节源活性及光合活力<sup>[29]</sup>。前人研究结果表明,大库容量类型库源比率较大,采取增源的栽培措施利于大库容量基因型获得高产<sup>[30]</sup>。而叶面积(“源”)和净同化率(“流”)较大时,灌浆时间短<sup>[11-12]</sup>。此外,单位叶面积颖花数较高时,同化物向库的转化效率得到提高<sup>[31]</sup>。本研究结果表明,不同库容量类型水稻间库容量从 A 至 F 呈上升趋势,类型间差异达极显著水平,库容量形成速率亦是如此;粒叶比与结实期净同化率总体呈上升趋势。大库容量水稻抽穗期和成熟期 LAI 均显著高于其他类型,表明其抽穗前后光合能力均较强,这与熊洁等<sup>[15]</sup>的研究结论类似,而抽穗期比叶重较小,可见,大库容量水稻在叶质量稳定的条件下,受光面积更大、光合效率更高,表明其库容量有进一步充实的潜力。

水稻干物质的运转与分配最终决定了库容量的大小<sup>[32]</sup>。有研究者认为,水稻茎鞘贮藏物质是灌浆的重要物质来源之一<sup>[10]</sup>。董桂春等<sup>[32]</sup>对不同年代育成的籼稻品种研究发现,大库容量水稻抽穗前和结实期的干物质质量均显著高于小库容量水稻,地上部干物质质量亦是如此,且大库容量类型品种成熟期分配到根系、茎鞘叶中的干物质比例较小,分配到穗

中的干物质比例较大,经济系数较高。这与 Huang 等<sup>[33]</sup>对超级稻品种研究的结论相似。本研究结果表明,大库容量水稻干物质生产量(抽穗期、结实期和成熟期)均显著高于其他类型,单茎茎鞘叶干质量和单穗干质量亦是如此,表明大库容量水稻籽粒灌浆期同化物积累量优势明显,群体和单穗均如此。此外,大库容量水稻抽穗期茎鞘叶干质量比例最高、穗干质量比例最低,但成熟期两指标均中等,经济系数亦是如此。可见,其生育前期灌浆物质积累量优势明显,且灌浆速率和同化物转化为产量的效率均较高,但生育后期茎鞘叶干质量比例和经济系数中等说明大库容量水稻仍具有较高的灌浆潜力。

水稻产量的形成实质上是源库关系互作的结果<sup>[1]</sup>。从中国水稻遗传改良的趋势来看,水稻产量与库容量间正向关系密切<sup>[5]</sup>,这与本研究结论相似。目前主要的高产品种均具有大库容量的特征<sup>[32]</sup>。因而,如何提高库充实度是进一步提高大库容量品种产量的关键<sup>[34-35]</sup>,但马文波等<sup>[36]</sup>、陈温福等<sup>[37]</sup>和程式华等<sup>[38]</sup>研究指出,在增加库的基础上扩大源,才能进一步增加水稻产量。此外,李红宇等<sup>[39]</sup>对东北地区近 40 年应用的 18 个品种研究后提出,生物产量尤其是茎鞘物质输出量的增加是品种改良引起经济产量增加的主要因素。可见,源库指标和生物产量对经济产量均有不同程度的影响。本研究结果表明,不同库容量水稻产量差异达极显著水平,且随着库容量的增大产量亦上升,大库容量水稻产量高。

参考文献:

[1] 崔菁菁,徐克章,石晶皎,等. 不同水稻品种库源的特征变化

- [J]. 植物学报, 2015, 50(6):699-705.
- [2] 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.
- [3] 曹显祖, 朱庆森. 水稻品种的库源特征及其类型划分的研究[J]. 作物学报, 1987, 13(4):265-272.
- [4] 凌启鸿, 杨建昌. 水稻群体“粒叶比”与高产栽培途径的研究[J]. 中国农业科学, 1986, 20(3):1-8.
- [5] 董桂春, 于小凤, 董燕萍, 等. 不同库容量类型常规籼稻品种氮素吸收与分配的差异[J]. 中国农业科学, 2009, 42(10): 3432-3441.
- [6] 于小凤, 王 熠, 袁秋梅, 等. 氮素高效吸收型粳稻品种源库指标的基本特点[J]. 扬州大学学报(农业与生命科学版), 2012, 33(1): 54-60.
- [7] 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.
- [8] 屠乃美, 官春云. 水稻幼穗分化期间减源对源库关系的影响[J]. 湖南农业大学学报, 1999, 56(6):430-436.
- [9] 黄育明. 我国水稻品种改良过程源库特征的变化[J]. 福建农业大学学报, 1998, 27(3):271-278.
- [10] 王 丰, 张国平, 白 朴. 水稻源库关系评价体系研究进展与展望[J]. 中国水稻科学, 2005, 19(6): 556-560.
- [11] 薛艳凤, 陆江峰, 吕川根, 等. 两系亚种间杂交稻两优培九籽粒灌浆动态研究[J]. 江苏农业研究, 2001, 22(2):13-19.
- [12] 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.
- [13] 袁继超, 丁志勇, 俄胜哲, 等. 源库关系对水稻籽粒灌浆特性的影响[J]. 西南农业学报, 2005, 18(1):15-19.
- [14] 徐富贤, 郑家奎, 朱永川, 等. 川东南高温伏旱区杂交中稻品种库源结构对稻米整精米率与垩白粒率的影响[J]. 作物学报, 2004, 30(5): 432-437.
- [15] 熊 洁, 耿春苗, 丁艳锋, 等. 不同库容类型杂交早籼稻品种源库结构对垩白的影响[J]. 中国农业科学, 2011, 44(19): 3970-3980.
- [16] 陈 琛, 羊 彬, 朱正康, 等. 影响水稻遗传群体株系氮素高效吸收的主要根系性状[J]. 中国水稻科学, 2015, 29(4): 390-398.
- [17] 陈 琛, 王 熠, 羊 彬, 等. 株高对遗传群体水稻株系氮素吸收利用的影响[J]. 中国农业科学, 2015, 48(22): 4450-4459.
- [18] 陈 琛, 张家星, 李万元, 等. 氮高效水稻主要源库性状的基本特点及其调控[J]. 中国水稻科学, 2017, 31(2):185-194.
- [19] ZHOU Y, DONG G C, TAO Y J, et al. Mapping quantitative trait loci associated with root traits using sequencing-based genotyping chromosome segment substitution lines derived from 9311 and Nipponbare in rice (*Oryza sativa* L.)[J]. PLoS ONE, 2016, 11(3): e0151796.
- [20] 顾世梁, 莫惠栋. 动态聚类的一种新方法——最小组内平方和法[J]. 江苏农学院学报, 1989, 10(4):1-8.
- [21] 盛大海, 刘元英, 李广宇. 水稻源库关系研究进展与应用[J]. 东北农业大学学报, 2009, 40(5):117-122.
- [22] 张亚芳, 陈宗祥, 姜丽娟, 等. 几个水稻品种源库关系分析[J]. 扬州大学学报(农业与生命科学版), 2011, 32(1):6-9, 13.
- [23] 董桂春, 居 静, 李进前, 等. 不同穗型常规籼稻品种源库性状的差异[J]. 中国农业科学, 2009, 42(12):4187-4196.
- [24] 冯跃华, 潘 剑, 何腾兵, 等. 不同施氮水平对超级稻源库特性的影响[J]. 中国农学通报, 2010, 26(15):252-256.
- [25] 庄文锋, 杨文月, 王全芳, 等. 种植密度和施 N 时期对不同穗型水稻源库关系的影响[J]. 北方水稻, 2013, 43(2):5-13.
- [26] 李健陵, 张晓艳, 杜尧东, 等. 高温对抽穗开花期至灌浆结实期水稻源库特性的影响[J]. 中国农业气象, 2013, 34(1):23-29.
- [27] TADAHIKO M. Plant nutrition for sustainable food production and environment [M]. Netherlands: Springer Science & Business Media, 1997.
- [28] VENKATESWARLU B, VISPERAS R M. Source-sink relationships in crop plants: a review [R]. Manila: The International Rice Research Institute, 1987:125.
- [29] 袁小乐, 潘晓华, 石庆华, 等. 超级早、晚稻品种的源库协调性[J]. 作物学报, 2009, 35(9):1744-1748.
- [30] 凌启鸿. 作物群体质量 [M]. 上海: 上海科学技术出版社, 2000:42-120.
- [31] 潘俊峰, 崔克辉, 向 镜, 等. 不同库容量类型基因型水稻茎鞘非结构性碳水化合物积累转运特征[J]. 华中农业大学学报, 2015, 34(1):9-15.
- [32] 董桂春, 李进前, 于小凤, 等. 不同库容量常规籼稻品种物质生产与分配的基本特征[J]. 中国水稻科学, 2009, 23(6): 639-644.
- [33] HUANG M, XIA B, ZOU Y, et al. Improvement in super hybrid rice: a comparative study between super hybrid and inbred varieties[J]. Research on Crops, 2012, 13: 1-10.
- [34] PENG S B, KHUSH G S, VIRK P, et al. Progress in ideotype breeding to increase rice yield potential[J]. Field Crops Research, 2008, 108(1):32-38.
- [35] 杨建昌, 王 朋, 刘立军, 等. 中籼水稻品种产量与株型演进特征研究[J]. 作物学报, 2006, 32(7):949-955.
- [36] 马文波, 马 均, 明东风, 等. 不同穗重型水稻品种剑叶光合特性的研究[J]. 作物学报, 2003, 29(2):236-240.
- [37] 陈温福, 徐正进, 张龙步, 等. 北方粳型稻超高产育种理论与应用[J]. 中国农业科学, 2007, 40(5):869-874.
- [38] 程式华, 曹立勇, 陈深广, 等. 后期功能型超级杂交稻的概念及生物学意义[J]. 中国水稻科学, 2005, 38(3):280-284.
- [39] 李红宇, 刘梦红, 李晓蕾, 等. 东北地区水稻源库特征的演进研究[J]. 作物杂志, 2013(3):103-107.

(责任编辑:陈海霞)