

## 不同栽植密度对优质杂交稻群体生长的影响

吕荣海

(福建省上杭县农技站, 福建上杭 364200)

**摘要:**笔者以优质杂交稻‘宜优673’为材料,研究了不同栽植密度对优质杂交稻群体生长的影响。结果表明:(1)稻谷产量与栽植密度呈抛物线型相关,适宜的栽植密度为21.43~25丛/m<sup>2</sup>;随栽植密度的增加,最高茎蘖数和1 m<sup>2</sup>穗数增加,而成穗率和每穗粒数减少,于是合理密植的处理形成了较大的库容量;不同栽植密度间的结实率和千粒重则差异不大。(2)随栽植密度的增加,移栽后各时期的干物质生产力也提高,抽穗前积累的结构物质和贮藏性物质以及抽穗后的净光合物质都逐渐增加,为建成较大的库容量并维持库源平衡提供了物质基础。(3)要提高群体生长率(CGR)必须提高叶面积指数(LAI),而各时期的LAI都随栽植密度的提高而增加。因此,高的群体生长率必须要合理密植。

**关键词:**栽植密度;优质杂交稻;群体生长

中图分类号:S359.1

文献标志码:A

论文编号:2010-3574

### Effects of Planting Density on the Population Growth of Fine Quality Hybrid Rice

Lv Ronghai

(Agricultural Technology Station of Shanghang County, Shanghang Fujian 364200)

**Abstract:** The experiments were conducted to study the effects of planting density on the population growth of fine quality hybrid rice with ‘Yiyou 673’ as experimental material. The results showed that the parabola curve could be used to describe the relationship between rice yield and planting density. The suitable planting densities were 21.43–25 hole/m<sup>2</sup>. With the increase of planting density, the maximum tillerings and panicles per square meter increased, while spike rate and grains per spike declined, and thus, the treatment of suitable planting density formed a larger storage capacity. The seed setting rate and 1000-grain weight showed no significant difference among planting density treatments. With the increase of planting density, the dry matter productivity also increased at different stages after transplanting, and then, the accumulation of structural and storage substances before heading & photosynthetic substance after heading all increased gradually, which provided the material basis on forming a larger storage capacity and maintaining sink–source balance. To improve the crop growth rate (CGR) had to improve the leaf area index (LAI), while the LAI increased at different stages with the increase of planting density. Therefore, the high CGR required rational close planting.

**Key words:** planting density; fine quality hybrid rice; population growth

### 0 引言

对水稻个体而言,分蘖数量、生长状况对全株形态建成、生理功能和产量都有重要作用;对群体而言,其分蘖数量、生长状况和成穗状况对群体结构、群体环境和产量形成都有很大影响。协调个体生长和群体发

展,是水稻高产栽培的一个重要原则,个体和群体是统一而又矛盾的,要取得水稻高产,必须保持个体健壮生长,促进群体最大发展<sup>[1]</sup>,其关键就是合理的栽植密度。栽植密度对水稻群体结构产生较大影响,适宜的栽植密度能有效地利用光能,充分地利用地力,保证个

**基金项目:**福建省现代农业水稻产业技术体系建设;福建省农业厅科技项目(2009-04);福建省科技重大专项“粮食作物育种技术研究”(2008NZ0201);福建省农业科学院科技创新团队(STIF-Y04)。

**作者简介:**吕荣海,男,1966年出生,福建上杭人,高级农艺师,E-mail: Sh3888303@163.com。

**收稿日期:**2010-12-10,修回日期:2011-05-03。

体的正常发育和群体的协调发展,使单位面积上穗数、粒数和粒重得到统一,从而获得高产<sup>[2]</sup>。但对合理的栽植密度有着不同看法<sup>[3-5]</sup>。近年来,稻作趋向稀植,实行强化栽培<sup>[6-9]</sup>。然而不同的水稻品种在分蘖力、穗型等方面差异较大,其个体优势发挥潜力受栽植密度影响较大<sup>[10]</sup>。据多年调查,在6~12 t/hm<sup>2</sup>的产量范围内,产量高低取决于1 m<sup>2</sup>总颖花数,而对增加总颖花数的作用,单位面积穗数显著大于每穗粒数<sup>[11]</sup>,说明合理密植对水稻栽培的重要性。此试验旨在探讨栽植密度对优质杂交稻群体生长的影响,明确适宜的栽植密度,并探索其增产机理,为制定合理的栽培措施提供科学依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 供试材料

供试材料为优质杂交稻‘宜优673’,前作烤烟。

### 1.2 试验处理

试验于2009年在上杭县临城镇宫桥村进行。6月18日播种,7月9日移栽,设置栽植30丛/m<sup>2</sup>(16.67 cm×20 cm, M<sub>1</sub>)、25丛/m<sup>2</sup>(20 cm×20 cm, M<sub>2</sub>)、21.43丛/m<sup>2</sup>(20 cm×23.33 cm, M<sub>3</sub>)、18.37丛/m<sup>2</sup>(23.33 cm×23.33 cm, M<sub>4</sub>)、16.07丛/m<sup>2</sup>(23.33 cm×26.67 cm, M<sub>5</sub>)5个密度处理。3次重复,随机区组排列,小区面积3 m×6.05 m。

### 1.3 测定项目与方法

1.3.1 茎蘖消长动态 每处理设3个观测点,每点10丛,从移栽至成熟每7天观测1次茎蘖数。

1.3.2 产量及其构成的测定 成熟期实割小区、脱粒晒干、扬净、称取产量。同时,每小区各调查100丛穗数,并取3丛考察每穗粒数、结实率和千粒重。

1.3.3 干物质和叶面积的测定 在移栽、拔节、齐穗、成熟等时期,每小区各取3丛稻株,分解为绿叶、枯叶、茎、鞘、穗,分别烘干称重。在测定干物质的同时,还应用面积/重量比的方法,测定绿叶面积。

## 2 结果与分析

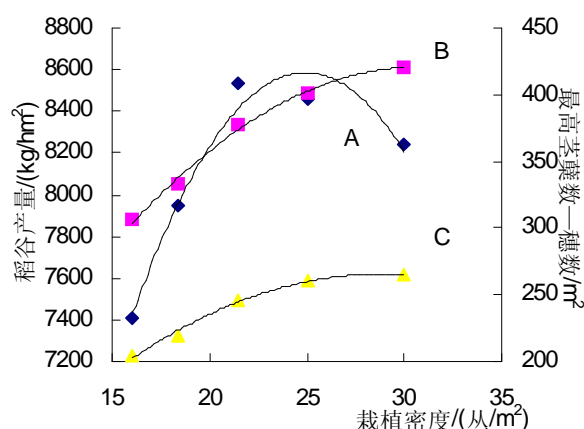
### 2.1 优质稻不同栽植密度的产量及产量构成

由表1、图1表明,稻谷产量(y)与栽植密度(x)呈

抛物线型相关:

$$y = -14.7377x^2 + 734.4313x - 563.4203, R^2 = 0.9564^*$$

由方程求极值,达到最高产量的栽植密度为24.92丛/m<sup>2</sup>,但方差分析结果表明,1 m<sup>2</sup>栽植21.43、25、30丛/m<sup>2</sup>的产量无显著差异,而21.43丛/m<sup>2</sup>比18.37、16.07丛/m<sup>2</sup>增产显著到极显著。以获取最大效率的高产为目标,现行适宜的栽植密度为21.43~25丛/m<sup>2</sup>(20 cm×20 cm~20 cm×23.33 cm)。



A: 稻谷产量:  $y = -14.7377x^2 + 734.4313x - 563.4203, R^2 = 0.9564^*$ ;

B: 最高茎蘖数:  $y = 436.7421/[1 + \text{EXP}(2.0565 - 0.1791x)], R^2 = 0.9942^{**}$ ;

C: 穗数:  $y = 271.8950/[1 + \text{EXP}(2.2416 - 0.2061x)], R^2 = 0.9842^*$

图1 优质稻不同栽植密度的最高茎蘖数、穗数和产量的变化

表1、图1还表明,随栽植密度(x)的增加,最高茎蘖数按逻辑斯蒂曲线增长,由于成穗率急剧下降,使1 m<sup>2</sup>穗数(y)也按逻辑斯蒂曲线增长,并向y=271.8950逼近:

$$y = 271.8950/[1 + \text{EXP}(2.2416 - 0.2061x)], R^2 = 0.9842^*$$

每穗粒数虽随穗数的增加而减少,但并不按反比例递减,于是栽植21.43~30丛/m<sup>2</sup>形成了较大的库容量,总颖花数分别达到2.96~3.00万个/m<sup>2</sup>。不同栽植密度间的结实率和千粒重则差异不大。

### 2.2 优质稻不同栽植密度的干物质积累与运转

供试优质稻有关器官干物质积累动态研究表明

表1 优质稻不同栽植密度的产量及其构成

处理	栽植密度/(丛/m <sup>2</sup> )	产量/(kg/hm <sup>2</sup> )	1 m <sup>2</sup> 最高茎蘖数	成穗率/%	1 m <sup>2</sup> 穗数	每穗粒数	1 m <sup>2</sup> 总粒数	结实率/%	千粒重/g
M <sub>1</sub>	30.00	8240.16 abAB	420.75	63.05	264.73	112.22	29610.50	86.00	32.37
M <sub>2</sub>	25.00	8454.97 aAB	401.05	64.95	260.41	115.55	30033.68	86.94	32.40
M <sub>3</sub>	21.43	8539.61 aA	377.79	65.44	246.26	120.22	29566.96	88.67	32.60
M <sub>4</sub>	18.37	7946.59 bB	332.75	66.16	219.23	125.48	27468.39	88.85	32.62
M <sub>5</sub>	16.07	7405.44 cC	305.79	67.19	204.73	126.37	25863.62	88.26	32.45

(表2),叶片、叶鞘、茎秆干物质重随栽植密度的提高而增加,而穗干物质重与栽植密度呈抛物线型关系。稻谷产量决定于干物质积累量及其向穗部的分配率——收获指数(HI)。试验结果表明,稻谷产量与收获指数无显著性相关( $r=-0.2402, n=5$ ),但与干物质总积累量呈显著至极显著正相关( $r=0.8806^*, n=5$ )。为此,必须把增加干物质积累作为实现高产的途径。

叶片、叶鞘干物质在本田营养生长期积累最多,幼穗发育期次之,齐穗后有一部分干物质输出(表3)。茎秆干物质在幼穗发育期积累最多,齐穗后也有一部分干物质输出。稻穗在抽穗前完成枝梗颖花的发育,抽穗后进行籽粒的充实。各时期的干物质净积累量占全期干物质积累总量的比率分别为:秧田期0.32%~0.50%,本田营养生长期(移栽—拔节)21.67%~23.38%,幼穗发育期(拔节—齐穗)45.40%~47.15%,籽粒充实期(齐穗—成熟)29.51%~32.09%。

由表3可以看出,干物质净积累量以中期积累最多,后期积累次之。稻穗最终干物质积累量为808.59~884.71 g/m<sup>2</sup>,其中中期积累21.90%~24.96%,后期积累75.04%~78.10%。但后期积累的稻穗干物质中,有22.19%~25.92%是由营养器官于中期贮积而于后期运转入穗而来,有74.08%~77.81%由后期叶片光合生产而来。则稻穗最终干物质有3个来源:(1)中期叶片光合生产的干物质,构成枝梗和颖壳,占21.90%~24.96%;(2)后期叶片光合生产的干物质,构成籽粒的大部,占57.38%~60.49%;(3)营养器官在中期贮积而

于后期运转入穗的非结构性碳水化合物(NSC),也构成籽粒的一部分,占16.84%~20.40%。不同栽植密度间3种来源的干物质质量比例相近,但随栽植密度的增加,移栽后各时期的干物质生产力也增高,抽穗前积累的结构物质和贮藏性物质以及抽穗后的净光合物质都逐渐增多,为建成较大的库容量并维持库源平衡提供了物质基础。

### 2.3 优质稻不同栽植密度的光合生产

干物质积累量(M)决定于干物质积累速率——群体生长率(CGR)和干物质积累日数(D),即  $M=CGR \times D$ 。CGR又决定于叶面积指数(LAI)与单位叶面积的净同化率(NAR),即  $CGR=LAI \times NAR$ 。由表4看出,以幼穗发育期的CGR最高,达21.63~24.83 g/(m<sup>2</sup>·d)。CGR与LAI呈极显著正相关( $r=0.7873^*, n=15$ ),但与NAR相关不显著( $r=0.0293, n=15$ )。要提高CGR必须提高LAI,而各时期的LAI都随栽植密度的提高而增加,因此,高的CGR必须要合理密植。

### 3 结论与讨论

栽植密度对优质杂交稻群体生长的影响,主要是影响水稻群体LAI、群体干物质积累与运转,最终影响该优质杂交稻的产量。水稻群体LAI是群体光合作用与物质生产差异的重要决定因素,也是衡量群体生产规模或群体大小的主要标准<sup>[12]</sup>。水稻高产群体必须有一个适宜的最大LAI<sup>[13-15]</sup>。但LAI的提高是否无限制?日本学者Monsi与Saki 1953年对作物群体透光规律作了开创性研究,指出光强通过叶片群体按指数曲线

表2 优质稻不同栽植密度各时期干物质重 g/m<sup>2</sup>

处理	移栽期		拔节期			齐穗期				成熟期			
	叶片	叶鞘	叶片	叶鞘	茎秆	叶片	叶鞘	茎秆	穗	叶片	叶鞘	茎秆	穗
M <sub>1</sub>	4.84	3.74	236.87	149.67	20.53	396.47	266.48	347.74	190.97	344.40	210.24	278.17	871.83
M <sub>2</sub>	4.06	3.16	233.78	144.06	18.72	383.96	256.56	340.62	200.45	338.11	202.73	274.20	876.97
M <sub>3</sub>	3.51	2.93	214.31	133.45	16.79	335.74	252.07	335.03	220.81	294.48	202.11	271.21	884.71
M <sub>4</sub>	2.95	2.46	213.43	131.84	17.43	331.67	234.73	331.65	208.37	291.65	186.29	268.72	844.08
M <sub>5</sub>	2.65	2.16	204.48	125.23	13.38	321.26	220.65	309.93	183.32	282.66	172.93	260.12	808.59

表3 优质稻不同栽植密度各生育时期干物质积累运转 g/m<sup>2</sup>

处理	本田营养生长期			幼穗发育期				籽粒充实期				贮藏物质 输出量	表观转变 率/%
	叶片	叶鞘	茎秆	叶片	叶鞘	茎秆	穗	叶片	叶鞘	茎秆	穗		
M <sub>1</sub>	232.03	145.93	20.53	159.60	116.81	327.21	190.97	-52.07	-56.24	-69.57	680.87	177.88	25.92
M <sub>2</sub>	229.72	140.89	18.72	150.18	112.50	321.90	200.45	-45.85	-53.82	-66.42	676.52	166.09	24.54
M <sub>3</sub>	210.80	130.52	16.79	121.43	118.62	318.25	220.81	-41.27	-49.96	-63.82	663.90	155.04	23.35
M <sub>4</sub>	210.48	129.38	17.43	118.24	102.89	314.23	208.37	-40.02	-48.43	-62.94	635.71	151.39	23.84
M <sub>5</sub>	201.83	123.07	13.38	116.78	95.42	296.55	183.32	-38.60	-47.72	-49.81	625.27	136.13	22.19

表4 优质稻不同栽植密度各生育时期的光合生产

处理	LAI				CGR/(g/(m <sup>2</sup> ·d))			NAR/(g/(m <sup>2</sup> ·d))		
	移栽	拔节	齐穗	成熟	A	B	C	A	B	C
M <sub>1</sub>	0.16	6.30	7.62	3.23	13.54	24.83	13.59	4.58	3.57	2.51
M <sub>2</sub>	0.14	5.90	7.43	3.14	14.76	24.53	13.80	4.77	3.71	2.60
M <sub>3</sub>	0.12	5.80	7.28	3.03	14.42	24.35	13.75	4.53	3.74	2.67
M <sub>4</sub>	0.10	5.43	6.81	2.53	13.26	23.24	13.09	4.80	3.80	2.81
M <sub>5</sub>	0.09	5.34	6.80	2.38	13.23	21.63	13.22	4.61	3.56	2.88

注:A:本田营养生长期(移栽期—拔节期),B:幼穗发育期(拔节期—齐穗期),C:籽粒充实期(齐穗期—成熟期)。

降低,提出公式  $I=I_0 e^{-kf}$ 。式中: $I$ 为作物群体中的光强, $I_0$ 为群体上方的自然光强, $f$ 为叶面积指数, $k$ 为消光指数(直立叶群体为0.4,披垂叶群体为0.8)。据公式计算,在7、8月份平均太阳辐射量1600 J/(cm<sup>2</sup>·d)条件下,当直立叶群体的LAI为7时,群体底层的光强(97 J/(cm<sup>2</sup>·d))相当于补偿光强(25 J/(cm<sup>2</sup>·d))的4倍,全部叶片都能进行有净收益的光合作用;当直立叶群体的LAI为8.5时,群体底层的光强53 J/(cm<sup>2</sup>·d)相当于补偿光强的2倍,光合积累与日夜维持呼吸平衡。据此,齐穗期的LAI以7.5~8为宜。

从此研究结果看,移栽后各时期的LAI都随栽植密度的提高而增加,各时期的干物质生产力也增高,抽穗前积累的结构物质和贮藏性物质以及抽穗后的净光合物质都逐渐增多,为建成较大的库容量并维持库源平衡提供了物质基础。最终,稻谷产量与栽植密度呈抛物线型相关。由方程求极值,达到最高产量的栽植密度为24.92丛/m<sup>2</sup>,以获取最大效率的高产为目标,现行适宜的栽植密度为21.43~25丛/m<sup>2</sup>。随栽植密度的增加,最高茎蘖数按逻辑斯蒂曲线增长,由于成穗率急剧下降,使1 m<sup>2</sup>穗数也按逻辑斯蒂曲线增长,每穗粒数虽随穗数的增加而减少,但并不按反比例递减,于是栽植21.43~30丛/m<sup>2</sup>形成了较大的库容量,总颖花数分别达到2.96~3.00万个/m<sup>2</sup>。不同栽植密度间的结实率和千粒重则差异不大。

#### 参考文献

[1] 马晓红. 银川灌区控制灌溉条件下的水稻插植密度研究[J]. 中国农学通报,2005,21(6):204-206.

[2] 吴春赞,叶定池,林华,等. 栽插密度对水稻产量及品质的影响[J]. 中国农学通报,2005,21(9):190-191,205.

[3] 康平德,卢义宣,李本逊,等. 栽培密度对直立株型杂交稻的分蘖、叶面积指数及产量的影响[J]. 云南农业大学学报,2006,21(4):410-414.

[4] 王成瓊,王伯伦,张文香,等. 栽培密度对水稻产量及品质的影响[J]. 沈阳农业大学学报,2004,35(4):318-322.

[5] 杨福,胡长城,王晓丽,等. 不同栽培密度对水稻‘吉农大7号’生育及产量的影响[J]. 吉林农业大学学报,2000,22(4):18-22.

[6] 付民杰,吴明根,全炳武,等. 水稻超稀栽培从插基数与插秧密度的研究[J]. 吉林农业大学学报,2000,22(2):22-25.

[7] 朱贵平,俞爱英,张培艳,等. 水稻强化栽培体系适宜移栽密度探讨[J]. 杂交水稻,2004,19(3):45-46.

[8] 夏瑜,杨为芳,唐茂艳,等. 不同耕作方式和栽培密度下强化栽培水稻的生长发育与产量形成[J]. 中国农学通报,2006,22(12):144-147.

[9] 包灵丰,林纲,赵德明,等. 杂交水稻宜香1577在四川南部强化栽培密度研究[J]. 西南农业学报,2008,21(3):590-592.

[10] 潘圣刚,曹涛贵,蔡明历,等. 栽插密度及方式对杂交水稻‘红莲优6号’产量和品质的影响[J]. 江西农业大学学报,2006,28(6):845-849.

[11] 杨惠杰,李义珍,黄育民,等. 超高产水稻的产量构成和库源结构[J]. 福建农业学报,1999,14(1):1-5.

[12] 陈温福,徐正进,张龙步. 水稻超高产育种生理基础[M]. 沈阳:辽宁科学技术出版社,2003:93-133.

[13] 徐正进,陈温福,张龙步,等. 水稻不同穗型群体冠层光分布的比较研究[J]. 中国农业科学,1990,23(4):10-16.

[14] 凌启鸿. 作物群体质量[M]. 上海:上海科学技术出版社,2000:58-62.

[15] 杨建昌,朱庆森,曹显祖. 水稻群体冠层结构与光合特性对产量形成作用的研究[J]. 中国农业科学,1992,25(4):7-14.

致谢:姜照伟、黄振才、钟卫胜和赖贵青同志参与了本试验的部分工作,在此表示感谢!