

# 施氮量对超级杂交稻粒叶比及产量的影响

曾贤恩<sup>1</sup>, 魏中伟<sup>2</sup>, 马国辉<sup>2\*</sup>

(1 湖南农业大学农学院, 长沙 410128; 2 湖南杂交水稻研究中心杂交水稻国家重点实验室, 长沙 410125)

**摘要:**在湖南桂东生态点,以五期超级杂交稻代表品种两优培九、Y两优1号、Y两优2号、Y两优900及超优1000为试验材料,研究了施氮量(210、300、390 kg/hm<sup>2</sup>)对超级杂交稻粒叶比及产量的影响。结果表明,Y两优900的理论产量最高,超优1000的实际产量最高。Y两优2号在210 kg/hm<sup>2</sup>施氮量下的最大叶面积指数显著低于300 kg/hm<sup>2</sup>和390 kg/hm<sup>2</sup>处理,其他品种在不同施氮量处理间无显著差异;各品种在同一施氮水平下最大叶面积指数无显著差异。各品种的粒叶比在210 kg/hm<sup>2</sup>以上施氮量处理下无显著差异,以Y两优900和超优1000优势明显。五期超级杂交稻品种的有效穗数和结实率逐渐降低,但每穗粒数显著提高,且各品种在施氮量处理间的产量及产量结构无显著差异。超级杂交稻叶源、库容充足,提高结实率和灌浆充实度是其进一步实现产量潜力的重要途径。

**关键词:**超级杂交稻;栽培;施氮量;粒叶比;产量

中图分类号:S511.062 文献标识码:A

文章编号:1001-5280(2017)04-0377-07

DOI:10.16848/j.cnki.issn.1001-5280.2017.04.08

## Effect of Nitrogen Application Rate on Grain – Leaf Ratio and Yield of Super Hybrid Rice

ZENG Xianen<sup>1</sup>, WEI Zhongwei<sup>2</sup>, MA Guohui<sup>2\*</sup>

(1 College of Agronomy, Hunan Agriculture University, Changsha, Hunan 410128, China;

2 Hunan Hybrid Rice Research Center, Changsha, Hunan 410125, China)

**Abstract:** The super hybrid rice varieties Liangyou Peiju, Y Liangyou 1, Y Liangyou 2, Y Liangyou 900 and Chaoyou 1000 were used as materials to study the effects of the nitrogen application rate on the grain – leaf ratio and yield of super hybrid rice at the Guidong ecological area. The results showed that the Y Liangyou 900 had the highest theoretical yield, and the Chaoyou 1000 had the highest actual yield. The maximum leaf area index of Y Liangyou 2 at 210 kg/hm<sup>2</sup> nitrogen application rate was significantly lower than those of at 300 kg/hm<sup>2</sup> and 390 kg/hm<sup>2</sup>, the other varieties showed no significant differences among different nitrogen treatments. The grain – leaf ratios of all the varieties showed no significant differences at nitrogen treatments more than 210 kg/hm<sup>2</sup>. Y Liangyou 900 and Chaoyou 1000 were superior other varieties obviously. The effective panicle number and seed setting rate of the five super hybrid rice Varieties decreased gradually, but the grain number per panicle significantly increased, and there was no significant differences between the yield and yield structure at each nitrogen treatment. The super hybrid rice showed sufficient source and sink capacity, improving seed setting rate and 1000 – grain weight are important ways to further realize the yield potential.

**Keywords:** super hybrid rice; cultivation; nitrogen application rate; grain – leaf ratio; yield

收稿日期:2017-03-18

作者简介:曾贤恩(1991-),男,硕士研究生,Email:390466181@qq.com。\*通信作者:马国辉,Email:491034500@qq.com。

基金项目:国家自然科学基金(31271659);国家科技支撑计划(2013BAD07B14,2012BAD04B10);公益性行业(农业)科研专项(201303109,201203059);湖南省重大专项(2015NK1001);湖南农业科技创新项目(2016QN03)。

水稻是世界上最主要的粮食作物之一,全世界有一半以上的人口以稻米为主食,我国以之为主食的人口占60%以上<sup>[1]</sup>。自1996年中国启动超级稻育种计划以来,超级稻单产目标不断得以实现,第四期攻关产量达到 $15.4\text{ t/hm}^2$ <sup>[2,3]</sup>,2015年启动目标 $16\text{ t/hm}^2$ 的第五期攻关,成果显著。水稻产量的形成实质上是源库互作的过程<sup>[4]</sup>,水稻源库协调是超级杂交稻产量潜力提升的重要因素之一。许多水稻科研工作者对水稻群体的源库特征、源库关系评价体系、源库特征与产量形成的关系等作了充分研究<sup>[5~9]</sup>。在水稻高产栽培条件下,源与库的矛盾也更加突出<sup>[10]</sup>。对于增库增产型的超级杂交稻来说,叶源充足而库容与之不协调是限制产量潜力实现的重要原因<sup>[11]</sup>。随着超级杂交稻的不断发展,有关超级稻的源库特性对氮响应的研究逐渐增多。粒叶比是水稻库容与叶源大小的比值,是反映水稻源库关系是否协调的重要指标<sup>[5]</sup>。有研究发现,在施氮量 $0\sim 315\text{ kg/hm}^2$ 范围内,总颖花数、总库容量随着施氮量的增加逐渐增大,千粒质量、颖花叶面积比、实粒叶面积比、粒重叶面积比逐渐降低<sup>[12]</sup>。本试验以五期超级杂交稻攻关代表品种为材料,研究不同施氮量对不同产量潜力超级杂交稻叶面积指数、粒叶比及产量构成的影响,以期对超级杂交稻产量潜力的实现提供一定的理论依据。

## 1 材料与方 法

### 1.1 试验材料

供试超级杂交稻组合5个,分别是五期超级杂交稻高产攻关代表品种两优培九、Y两优1号、Y两优2号、Y两优900和超优1000,由湖南杂交水稻研究中心提供。

供试肥料为尿素(46%)、过磷酸钙(12%)及氯化钾(60%),不使用复合肥。

### 1.2 试验地点

大田试验于2015年和2016年在湖南省郴州市桂东县大塘乡进行,当地生态条件优越,是典型的高产生态区。试验田土壤类型为砂壤,偏酸性,全N含量 $1.5\text{ g/kg}$ 。

### 1.3 试验方法

试验采用裂区设计,设施氮量和品种两个因素。施氮量为主区,设 $0(\text{N}_0, \text{CK})$ 、 $210(\text{N}_1)$ 、 $300(\text{N}_2)$ 、

$390\text{ kg/hm}^2(\text{N}_3)$ 4个水平。品种为副区,对应编号为两优培九(V1)、Y两优1号(V2)、Y两优2号(V3)Y两优900(V4)和超优1000(V5)。3次重复,共60个小区。移栽密度 $20\text{ cm}\times 30\text{ cm}$ ,每穴插2粒谷秧。基肥:蘖肥:穗肥=2:1:2,其中基肥在移栽前1d施用,分蘖肥于移栽后7d,穗肥于倒3叶施用。N:P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>:K<sub>2</sub>O(质量比)=2:1:2,过磷酸钙作基肥一次施用,钾肥50%作为基肥,50%于倒4叶施用。

主区间做埂隔离,用塑料薄膜覆盖埂体,保证各主区单排单灌。小区面积 $23\text{ m}^2$ 。2015年于4月28日播种,5月22日移栽;2016年于4月24日播种,5月18日移栽。

6月中旬开始排水搁田,拔节至成熟期实行湿润灌溉,干湿交替,按照超高产栽培要求防治病虫害。

### 1.4 测定项目及方法

分别于分蘖期(盛期)、拔节期、齐穗期、乳熟期和成熟期5个时期,在各小区随机取代表性植株5株,采用长宽系数法测定叶面积,计算叶面指数(LAI)。成熟期每小区调查40穴有效穗,计算平均有效穗数,每小区按照对应的平均有效穗数取5穴,调查每穗粒数、结实率和千粒质量,计算理论产量。每小区割取连续15穴(差异明显的病株和杂株除外),单打单收,清选后自然晒干,计算实际单产。

总粒叶比=总粒数/齐穗期叶面积(粒/cm<sup>2</sup>);

实粒叶比=实粒数/齐穗期叶面积(粒/cm<sup>2</sup>);

粒重叶比=粒重/齐穗期叶面积(mg/cm<sup>2</sup>)。

试验数据用DPS软件进行方差分析,用LSD法进行多重比较。

## 2 结果与分析

### 2.1 施氮量对超级杂交稻 LAI 的影响

由表1可知,施氮与不施氮处理间,各品种齐穗期最大叶面积指数差异显著;施氮条件下,各品种在相同施氮水平下的最大叶面积指数在两年之间整体差异不大;最大叶面积指数随施氮量的增加而增大,各品种均在 $300\text{ kg/hm}^2$ 施氮量时LAI达到较高水平,大于 $300\text{ kg/hm}^2$ 施氮量后增幅不大或略有降低。

表 1 各品种齐穗期最大叶面积指数

施氮量 (kg/hm <sup>2</sup> )	两优培九		Y 两优 1 号		Y 两优 2 号		Y 两优 900		超优 1000	
	2015	2016	2015	2016	2015	2016	2015	2016	2015	2016
0(CK)	4.55 c	2.17 c	4.05 c	1.96 d	4.51 c	2.01 c	4.25 b	1.81 c	4.06 c	1.79 c
210	7.34 b	7.28 b	7.16 b	6.93 c	7.77 b	7.71 b	8.04 a	7.57 b	9.20 a	7.23 b
300	8.04 a	8.38 a	9.03 a	8.32 b	7.92 b	9.14 a	8.61 a	8.55 a	8.60 ab	8.71 a
390	8.72 a	8.64 a	8.89 a	9.26 a	8.67 a	9.52 a	8.80 a	8.31 a	9.40 a	9.21 a

注:同列数据后小写字母不同表示在 0.05 水平差异显著,大写字母不同表示在 0.01 水平差异显著。下同。

## 2.2 不同施氮量对超级杂交稻粒叶比的影响

由表 2 可知,各品种无氮处理的粒叶比 3 项指标均显著高于施氮处理,不同施氮水平之间差异较小,差异显著性在品种间略有不同。两年试验结果表现为 Y 两优 900 的粒叶比 3 项指标均大于其他品种,各品种间粒重叶面积比无显著差异。其中,Y 两优 900 与 Y 两优 2 号的总粒叶面积比和实粒叶面积比无显著差异,但显著高于其他 3 个品种,两优培九与 Y 两优 1 号最低,两品种间无显著差异。不同施氮水平之间,两优培九的粒叶比 3 项指标都表现为先减后增的趋势,施氮处理间差异不显著,施氮水平为 210 kg/hm<sup>2</sup> 时最低;Y 两优 1 号的粒叶比在施氮

处理之间表现为,2015 年 210 kg/hm<sup>2</sup> 施氮水平下的粒叶比 3 项指标均显著高于 300 与 390 kg/hm<sup>2</sup> 施氮处理,其中总粒叶比和粒重粒叶比差异达到极显著水平,而 2016 年不同施氮水平间差异不显著;Y 两优 2 号粒叶比 3 项指标两年均表现为先减后增再减的趋势,3 项指标在 300 kg/hm<sup>2</sup> 施氮水平时显著高于 210 kg/hm<sup>2</sup> 和 390 kg/hm<sup>2</sup>;Y 两优 900 三项指标随施氮水平提高表现为先减后增再平的趋势,施氮处理间差异不显著,390 kg/hm<sup>2</sup> 时最高;超优 1000 的粒叶比随施氮量变化的趋势表现与 Y 两优 900 基本一致,210 kg/hm<sup>2</sup> 施氮量时 3 项粒叶比指标均最高。

表 2 不同施氮水平下各超级杂交稻品种的粒叶比

品 种	施氮水平 (kg/hm <sup>2</sup> )	总粒叶比(粒/cm <sup>2</sup> )		实粒叶比(粒/cm <sup>2</sup> )		粒重叶比(mg/cm <sup>2</sup> )	
		2015	2016	2015	2016	2015	2016
两优培九	0	0.95 aA	1.11 aA	0.90 aA	0.93 aA	22.08 aA	25.52 aA
	210	0.75 bAB	0.78 bB	0.71 abAB	0.61 bB	17.80 bAB	16.38 bB
	300	0.59 cB	0.65 bB	0.55 bB	0.55 bB	13.17 cB	14.53 bB
	390	0.69 bcB	0.76 bB	0.64 bAB	0.61 bB	15.15 bcB	15.99 bB
	平均	0.74 cD	0.82 cB	0.70 bC	0.68 bB	17.05 bB	18.10 cBC
Y 两优 1 号	0	1.04 aA	1.17 aA	0.95 aA	1.07 aA	23.36 aA	29.35 aA
	210	0.80 bB	0.73 bB	0.76 bB	0.65 bB	19.83 bA	18.01 bB
	300	0.66 cC	0.69 bB	0.61 cBC	0.64 bB	15.00 cB	17.52 bB
	390	0.61 cC	0.65 bB	0.57 cC	0.58 bB	14.29 cB	16.08 bB
	平均	0.78 cCD	0.81 cB	0.72 bBC	0.74 bB	18.12 abAB	20.24 bB
Y 两优 2 号	0	1.16 aA	1.58 aA	1.10 aA	1.40 aA	26.69 aA	35.18 aA
	210	0.73 cB	0.53 cC	0.66 bB	0.44 bB	15.45 bB	10.74 cB
	300	0.94 bAB	0.66 bB	0.84 bAB	0.55 bB	19.03 bB	13.56 bB
	390	0.71 cB	0.51 cC	0.64 bB	0.43 bB	15.39 bB	10.49 cB
	平均	0.88 aAB	0.82 cB	0.81 aA	0.70 bB	19.14 aA	17.49 cC
Y 两优 900	0	1.20 aA	1.26 aA	1.00 aA	1.14 aA	23.44 aA	27.65 aA
	210	0.75 bB	0.90 bB	0.65 bB	0.79 bA	14.60 bB	18.25 bB
	300	0.82 bB	0.94 bB	0.70 bB	0.80 bA	15.60 bB	24.23 aAB
	390	0.88 bAB	0.95 bB	0.79 abAB	0.81 bA	18.11 bAB	24.66 aAB
	平均	0.91 aA	1.01 aA	0.78 aAB	0.88 aA	17.94 abAB	23.70 aA

(续表 2)

品 种	施氮水平 (kg/hm <sup>2</sup> )	总粒叶比(粒/cm <sup>2</sup> )		实粒叶比(粒/cm <sup>2</sup> )		粒重叶比(mg/cm <sup>2</sup> )	
		2015	2016	2015	2016	2015	2016
超优 1000	0	1.14 aA	1.63 aA	0.98 aA	1.22 aA	24.66 aA	31.69 aA
	210	0.63 cC	0.65 bB	0.58 cB	0.52 bB	14.33 cB	12.63 bB
	300	0.82 bB	0.74 bB	0.70 bB	0.60 bB	16.69 bB	15.01 bB
	390	0.74 bBC	0.72 bB	0.65 bcB	0.59 bB	15.70 bcB	14.85 bB
	平均	0.83 bBC	0.93 bA	0.73 bBC	0.73 bB	17.84 abAB	18.54 bcBC

### 2.3 不同施氮量对超级杂交稻产量及产量结构的影响

由表 3、4 可知,各品种有效穗数由高往低依次为两优培九 > Y 两优 1 号 > Y 两优 2 号 > Y 两优 900 > 超优 1000,超优 1000 显著低于其他品种。不同施氮水平之间,无氮处理下各品种有效穗数显著低于施氮处理,差异极显著。两优培九、Y 两优 2 号、Y 两优 900 和超优 1000 的有效穗数在施氮处理间无差异。Y 两优 1 号在 210 kg/hm<sup>2</sup> 施氮量时的有效穗数分别低于 300 和 390 kg/hm<sup>2</sup> 施氮量的 9.43%、13.18% (2015 年,差异显著) 和 16.23%、17.37% (2016 年,差异极显著)。每穗粒数以 Y 两优 900 最多,两优培九最少,两者之间平均每穗粒数差值达到 98.50 粒 (2015 年) 和 110.54 粒 (2016 年),且品种之间差异显著。两优培九和 Y 两优 2 号在不施氮的情况下结实率最高,Y 两优 1 号、Y 两

优 900 和超优 1000 结实率最高时对应的施氮水平分别为 210、390 和 210 kg/hm<sup>2</sup>,但各品种在相邻施氮处理间的结实率差异不显著。所有供试品种都在不施氮的情况下千粒质量最大,施氮处理间差异不显著;品种间以 Y 两优 1 号的千粒质量显著高于其他品种,Y 两优 900 最低。

除 Y 两优 2 号的理论产量随施氮量增加到 300 kg/hm<sup>2</sup> 后略有下降外,其他品种均随施氮量增加呈逐渐增长趋势。品种间以 Y 两优 900 的理论产量最高,最高理论产量在两年里分别高出最低的两优培九的 29.51% 和 22.64%。试验结果显示,各品种在施氮处理下的理论产量以超优 1000 和 Y 两优 900 表现最稳定。就实际产量而言,超优 1000 在施氮处理间的平均实际产量和最高实际产量均持续两年保持最高,2016 年显著高于其他品种(表 3、4)。

表 3 2015 年不同施氮水平下各超级杂交稻品种的产量结构及产量

品 种	施氮量 (kg/hm <sup>2</sup> )	有效穗数 (万/hm <sup>2</sup> )	每穗粒数	结实率 (%)	千粒质量 (g)	理论产量 (t/hm <sup>2</sup> )	实际产量 (t/hm <sup>2</sup> )
两优培九	0	195.25 bB	158.46 bA	95.25 aA	28.21 abA	8.31 bB	7.21 bB
	210	295.35 aA	174.67 abA	94.44 aA	28.74 aA	14.02 aA	10.35 aA
	300	276.65 aA	173.18 abA	93.91 aA	27.62 bA	12.45 aA	9.67 aAB
	390	296.45 aA	185.55 aA	93.35 aA	27.38 bA	14.03 aA	10.22 aAB
	平均	265.92 aA	172.97 cC	94.00 aA	27.99 bAB	12.20 cC	9.36 bB
Y 两优 1 号	0	194.70 cC	198.66 aAB	91.62 cB	28.34 abA	10.03 bB	8.93 bA
	210	253.55 bB	207.89 aA	95.11 aA	29.03 aA	14.55 aA	11.92 aA
	300	279.95 aAB	188.57 abAB	93.24 bcAB	28.27 bA	13.93 aA	11.75 aA
	390	292.05 aA	177.31 bB	94.01 abAB	28.95 abA	14.09 aA	11.15 abA
	平均	255.06 abA	193.11 dC	93.33 aA	28.65 aA	13.15 bcBC	10.94 aA
Y 两优 2 号	0	186.45 cC	214.99 abA	95.06 aA	28.06 aA	10.69 cC	9.19 bA
	210	245.58 bB	215.75 abA	89.97 bB	27.21 bB	12.93 bcBC	11.86 aA
	300	282.70 aA	256.13 aA	89.39 bB	26.13 cC	16.89 aA	10.82 abA
	390	297.55 aA	208.07 bA	89.80 bB	27.94 aAB	15.52 abAB	10.79 abA
	平均	253.07 abA	223.73 cB	91.00 bB	27.33 cB	14.01 abAB	10.66 aAB
Y 两优 900	0	161.70 bB	267.83 aA	82.97 cB	27.13 aA	9.74 cB	7.63 bB
	210	248.05 aA	264.61 aA	87.09 abAB	26.05 bAB	14.82 bA	11.82 aA

(续表3)

品 种	施氮量 (kg/hm <sup>2</sup> )	有效穗 (万/hm <sup>2</sup> )	每穗粒数	结实率 (%)	千粒质量 (g)	理论产量 (t/hm <sup>2</sup> )	实际产量 (t/hm <sup>2</sup> )
超优 1000	300	273.90 aA	281.50 aA	85.82 bcAB	25.90 bB	17.12 abA	11.31 aA
	390	281.05 aA	271.92 aA	89.62 aA	26.51 abAB	18.17 aA	10.36 aA
	平均	241.17 bAB	271.47 aA	86.33 dD	26.40 dC	14.96 aA	10.28 abAB
	0	143.83 bB	227.70 cB	85.74 bB	29.14 aA	8.19 bB	8.69 bB
	210	243.10 aA	246.11 bcAB	92.91 aA	28.40 bAB	15.79 aA	12.21 aA
	300	247.23 aA	265.46 abA	85.84 bB	27.38 cC	15.44 aA	11.73 aA
	390	243.65 aA	275.25 aA	87.69 bAB	27.85 cBC	16.36 aA	12.01 aA
	平均	219.45 cB	253.63 bA	88.00 cC	28.20 abA	13.94 abAB	11.16 aA

表4 2016年不同施氮水平下各超级杂交稻品种的产量结构及产量

品 种	施氮量 (kg/hm <sup>2</sup> )	有效穗 (万/hm <sup>2</sup> )	每穗粒数	结实率 (%)	千粒质量 (g)	理论产量 (t/hm <sup>2</sup> )	实际产量 (t/hm <sup>2</sup> )
两优培九	0	136.12 cC	173.07 aA	84.24 aA	27.45 aA	5.43 cB	5.10 cC
	210	262.35 bB	175.94 aA	79.39 aA	26.67 bAB	9.76 bA	10.12 aA
	300	274.04 bB	182.25 aA	83.15 aA	26.54 bAB	11.03 abA	8.49 bB
	390	325.19 aA	176.51 aA	80.54 aA	26.16 bB	12.06 aA	8.69 bAB
	平均	249.43 aA	176.95 dC	81.67 cdBC	26.71 bB	9.57 bB	8.10 cBC
Y 两优 1 号	0	144.38 cC	152.70 cB	91.47 aA	27.36 aA	5.51 dC	5.67 cC
	210	244.06 bB	176.06 bB	89.50 aA	27.48 aA	10.59 cB	11.08 aA
	300	291.36 aA	183.39 bAB	89.88 aA	27.58 aA	13.24 bAB	9.72 bAB
	390	295.35 aA	210.43 aA	92.24 aA	27.46 aA	15.74 aA	9.10 bB
	平均	243.79 aA	180.65 cdC	91.00 aA	27.47 aA	11.27 aA	8.90 bA
Y 两优 2 号	0	123.20 cC	208.71 aA	88.69 aA	25.10 aA	5.71 bB	5.57 bB
	210	253.69 bB	187.09 bA	82.47 bA	24.77 abA	9.71 aA	10.21 aA
	300	260.01 bAB	208.14 aA	83.99 abA	24.63 abA	11.19 aA	9.63 aA
	390	277.48 aA	192.07 abA	82.76 bA	24.24 bA	10.71 aA	9.97 aA
	平均	228.60 bB	199.00 cC	84.33 bcB	24.69 cdC	9.33 bB	8.84 bAB
Y 两优 900	0	127.19 bB	222.68 bB	84.61 aA	24.34 aA	5.85 bB	4.50 cC
	210	212.44 aA	311.69 aA	85.77 aA	24.83 aA	13.99 aA	7.99 bB
	300	200.06 aA	323.76 aA	85.14 aA	24.53 aA	13.54 aA	8.51 bAB
	390	207.63 aA	331.84 aA	87.74 aA	24.46 aA	14.79 aA	10.59 aA
	平均	186.83 cC	297.49 aA	85.67 bB	24.54 dC	12.04 aA	7.90 cC
超优 1000	0	108.90 cB	238.14 bA	75.12 bB	25.93 aA	5.04 bB	4.87 cB
	210	190.30 bA	269.14 abA	83.59 aA	24.99 bAB	10.68 aA	11.77 aA
	300	199.65 bA	273.85 abA	80.65 aAB	24.99 bAB	11.00 aA	11.31 abA
	390	213.13 aA	284.83 aA	79.85 aAB	24.42 bB	11.86 aA	10.01 bA
	平均	178.00 dC	266.49 bB	79.67 dC	25.09 cC	9.64 bB	9.49 aA

### 3 讨论

#### 3.1 施氮水平提高对超级杂交稻叶面积指数的影响

水稻叶面积指数(LAI)反映了光合源数量的多少<sup>[13]</sup>,是体现水稻源大小的重要指标之一。研究发现,高产杂交稻叶面积指数大、比叶重大、叶片功能

期长、叶片光合速率高,是构建超高产群体强源的物质基础<sup>[14,15]</sup>。李迪秦等<sup>[16]</sup>研究发现,不同氮水平处理对超级稻群体叶面积指数(LAI)的影响表现为随氮施用量的增大而增加。本试验结果与前人研究基本一致,随施氮水平的提高,最大叶面积指数逐渐提高。整体表现为各品种在390 kg/hm<sup>2</sup>施氮水平下各生育期的叶面积指数最高,但施氮量对叶面积

指数的增长幅度在品种间略有差异。其中,两优培九、Y两优2号、Y两优900和超优1000在施氮处理下的齐穗期最大叶面积指数随施氮量的增加无明显提高,但Y两优1号在210 kg/hm<sup>2</sup>施氮水平下的齐穗期最大叶面积指数显著低于300和390 kg/hm<sup>2</sup>施氮水平,最大差值分别达到1.87(2015年)和2.33(2016年),说明Y两优1号实现最大叶面积指数所需的氮肥水平较其他4个品种高。这可能是Y两优1号前期生长过程中对氮素的利用效率较其他品种低,需要更多的氮素来提高前期的营养生长基础。综合两年数据可知,同一施氮水平下各品种的最大叶面积指数之间无显著差异,说明各品种间产量差异主要体现在光合能力强弱和库容大小上。由此可见,在充足叶面积的前提下提高光合效率和扩大库容是提高超级杂交稻产量的重要途径<sup>[17]</sup>。

### 3.2 施氮量对超级杂交稻粒叶比的影响

粒叶比是反映和衡量水稻源库关系是否协调的一项重要指标<sup>[18]</sup>,可分为总粒叶比、实粒叶比和粒重叶比三个部分<sup>[18~20]</sup>。水稻要实现超高产,关键是在适宜的叶面积指数条件下提高粒叶比<sup>[16,12]</sup>。袁隆平提出超高产育种的粒叶比目标(粒重/叶)为23 mg/cm<sup>2</sup>(LAI为7),达到这个指标,产量有望实现15 t/hm<sup>2</sup><sup>[21]</sup>。研究还发现,随施氮量的增加,总粒叶比、实粒叶比、粒重叶比均逐渐降低,特别是过多施用氮肥的处理,表明施氮过多导致单位叶面积所承载的总粒数、实粒数和粒重减少,源库关系失调,致产量降低<sup>[12]</sup>。吴合洲等<sup>[22]</sup>研究发现,粒叶比控制在一个合适的范围是超级杂交稻高产的一个重要因素,过高或者过低均不利实现超高产。本试验整体表现与之一致,但在品种间略有差异。由两年试验结果可知,无氮处理的总粒叶比、实粒叶比和粒重叶比均显著高于各施氮处理,且差异极显著。随施氮量的增加,除两优培九的总粒叶比、实粒叶比和粒重叶比在两年内均表现为先减后增的趋势外,Y两优1号、Y两优2号、Y两优900和超优1000均表现为逐渐降低,但施氮处理之间无显著差异。品种间以Y两优900两年表现最突出且稳定,其次是超优1000(实粒叶比无显著优势)。由上可知,Y两优900和超优1000在施氮处理下的粒叶比显著高于其他品种,且施氮量的提高对其粒叶比影响不大。这可能是超高产杂交水稻在过量施氮的情况下仍能保持产量稳定的原因之一。

### 3.3 施氮量对超级杂交稻产量及产量构成的影响

施氮量对超级杂交稻产量的影响十分明显。唐启源等<sup>[23]</sup>发现,两优培九在120~180 kg/hm<sup>2</sup>的施氮范围内增产效应最明显。冯跃华等<sup>[12,24]</sup>发现,超级杂交稻Q优6号和金优527在315 kg/hm<sup>2</sup>施氮量下,随施氮量增加,总颖花数、总库容量逐渐增大;施氮量对有效穗数、每穗总粒数和结实率的影响较大,对千粒质量的影响较小。本试验发现,各品种的各项产量结构指标在施氮处理间无显著差异,说明在当地生态条件和栽培模式下,超过210 kg/hm<sup>2</sup>后施氮量对超级杂交稻产量及产量结构无显著影响。从表3、4还可知,不同时期的超级杂交稻品种的穗型是由多穗型向大穗型转变。Y两优900和超优1000的有效穗数显著低于两优培九、Y两优1号和Y两优2号,但其每穗粒数显著高于前三期品种,平均每穗粒数分别比两优培九、Y两优1号和Y两优2号高出98.50、94.16、47.74和80.66、76.32、29.90(2015年)与120.54、116.84、98.49和89.54、76.32、67.49(2016年),单位面积总颖花数(有效穗×每穗粒数)显著较高;品种间结实率和千粒质量皆呈下降趋势,其中以Y两优2号的最高,Y两优900和超优1000显著偏低。其原因可能是超高产量潜力品种的灌浆时间较长,弱势粒灌浆相对延后<sup>[25]</sup>,灌浆时间内的病虫害及自然气候条件对灌浆进度和灌浆充实度影响的机会增多、危害增大<sup>[26]</sup>。理论产量以Y两优900最高,其次为超优1000,但实际产量以超优1000最高,Y两优900次之。由此可见,每穗粒数对超级杂交稻产量潜力提高的贡献最大,但结实率限制了超高产量潜力的实现。

## 4 结论

本试验结果表明,五期超级杂交稻代表品种的最大叶面积指数随施氮量增加而增加,但在210 kg/hm<sup>2</sup>以上施氮量处理间无显著差异;五期超级杂交稻品种的有效穗数和结实率逐渐降低,但每穗粒数显著提高,保证了产量潜力提升的库容基础。各品种在不同施氮量处理间的粒叶比无显著差异,品种间以Y两优900和超优1000显著较高,具有较好的源库协调优势;210 kg/hm<sup>2</sup>以上的施氮量对各品种的产量及产量结构无显著影响。由此可知,五期超级杂交稻代表品种在210 kg/hm<sup>2</sup>以上施氮量时叶源和库容数量充足,继续提高施氮量会降低结实率

和灌浆充实度,影响产量。在 $210\text{ kg/hm}^2$ 施氮量下采用科学合理的栽培管理方法保证结实率和千粒重,以提高库的充实度,就能进一步提高超级杂交稻的粒叶比,以实现超级杂交稻的产量潜力。

#### 参考文献:

- [1] 凌启鸿,张洪程,丁艳锋,等. 水稻高产技术的新发展——精确定量栽培[J]. 中国稻米,2005(1):3-7.
- [2] 李建武,张玉焯,吴俊,等. 超高产水稻新组合Y两优900百亩方 $15.40\text{ t/hm}^2$ 高产栽培技术研究[J]. 中国稻米,2014(6):1-4.
- [3] 袁隆平. 选育超高产杂交水稻的进一步设想[J]. 杂交水稻,2012(6):1-2.
- [4] 蒋彭炎,冯来定,沈守江,等. 水稻不同群体条件与籽粒灌浆的关系研究[J]. 浙江农业科学,1987(1):1-5.
- [5] 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.
- [6] 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,2001,34(5):511-518.
- [7] 李季航,向珣朝,何立斌,等. 水稻亚种间杂种一代的源库特性[J]. 中国水稻科学,2006,20(3):301-305.
- [8] 李奕松,黄丕生,黄仲青,等. 两系籼型杂交水稻源库特征的研究[J]. 安徽农业大学学报,2001,28(4):341-344.
- [9] 李大恒,屠乃美. 两系杂交中稻源库特征的研究[J]. 作物研究,2005,19(4):199-203.
- [10] 周文新,雷驰,屠乃美. 水稻源库关系研究动态[J]. 湖南农业大学学报(自然科学版),2004(4):389-393.
- [11] 朱校奇,邓启云,陈春光,等. 超级杂交稻再生稻和主季稻源库关系比较[J]. 亚热带农业研究,2009(2):73-77.
- [12] 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(15):252-256.
- [13] 赵明,李少昆,王志敏,等. 论作物源的数量、质量关系及其类型划分[J]. 中国农业大学学报,1998(3):53-58.
- [14] 许德海,王晓燕,马荣荣,等. 重穗型籼粳杂交稻甬优6号超高产生理特性[J]. 中国农业科学,2010(23):4796-4804.
- [15] 马荣荣,许德海,王晓燕,等. 籼粳亚种间杂交稻甬优6号超高产株形特征与竞争优势分析[J]. 中国水稻科学,2007(3):281-286.
- [16] 李迪秦,唐启源,秦建权,等. 施氮量与氮管理模式对超级稻产量和辐射利用率影响[J]. 核农学报,2010(4):809-814.
- [17] 魏中伟,马国辉. 超高产杂交水稻超优1000的生物学特性及抗倒性研究[J]. 杂交水稻,2015(1):58-63.
- [18] 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(3):1-8.
- [19] 凌启鸿. 作物群体质量[M]. 上海:上海科学技术出版社,2000. 70-76.
- [20] 凌启鸿. 水稻精确定量栽培理论与技术[M]. 北京:中国农业出版社,2007. 42-43.
- [21] 薛亚光,葛立立,王康君,等. 不同栽培模式对杂交粳稻群体质量的影响[J]. 作物学报,2013(2):280-291.
- [22] 吴合洲,马均,王贺正,等. 超级杂交稻的生长发育和产量形成特性研究[J]. 杂交水稻,2007(5):57-62.
- [23] 唐启源,邹应斌,米湘成,等. 不同施氮条件下超级杂交稻的产量形成特点与氮肥利用[J]. 杂交水稻,2003(1):47-51.
- [24] 冯跃华,范乐乐,何腾兵,等. 施氮量对超级杂交稻干物质积累、分配及产量形成的影响[J]. 贵州农业科学,2010(6):39-43.
- [25] 李杰,张洪程,龚金龙,等. 不同种植方式对超级稻籽粒灌浆特性的影响[J]. 作物学报,2011(9):1631-1641.
- [26] 龚金龙,邢志鹏,胡雅杰,等. 江淮下游地区籼粳超级稻生育期与温光资源利用特征的差异研究[J]. 中国水稻科学,2014(3):267-276.
- [27] 付景,陈露,黄钻华,等. 超级稻叶片光合特性和根系生理性状与产量的关系[J]. 作物学报,2012(7):1264-1276.
- [28] 付景. 超级稻产量形成生理与栽培调控的研究[D]. 扬州:扬州大学博士学位论文,2012.
- [29] 敖和军. 超级杂交稻产量潜力实现的途径分析[D]. 长沙:湖南农业大学博士学位论文,2008.
- [30] 吴文革,张洪程,吴桂成,等. 超级稻群体籽粒库容特征的初步研究[J]. 中国农业科学,2007(2):250-257.
- [31] 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(3):280-284.
- [32] 邹应斌,周上游,唐启源. 中国超级杂交水稻超高产栽培研究的现状与展望[J]. 中国农业科技导报,2003(1):31-35.
- [33] 杨惠杰,杨仁崔,李义珍,等. 水稻超高产品种的产量潜力及产量构成因素分析[J]. 福建农业学报,2000(3):1-8.