

# 不同施氮量对水稻株型特征和穗部性状的影响

鲁伟林, 段仁周, 余新春, 严德远, 余明慧, 胡建涛

(信阳市农业科学研究所, 河南 信阳 464000)

**摘要:** 以常规粳稻品种武粳 15 号为材料, 设 5 个施氮量处理, 研究了不同施氮量下水稻株型及穗部性状的变化及其相关性。结果表明, 水稻剑叶的长、宽、质量随着施氮量的增加而增加, ST (300 kg/hm<sup>2</sup>) 处理最大, 三者分别为 28.10 cm、1.22 cm、0.18 g, 随后降低。倒二叶长和质量的表现与剑叶一致, 处理 ST<sub>-15</sub> (255 kg/hm<sup>2</sup> 氮)、ST、ST<sub>+15</sub> (345 kg/hm<sup>2</sup> 氮) 的叶宽均较宽, 但差异不大。倒三叶的长、宽、质量随着施氮量的增加而增加, 随后降低, 长度最大值出现在 ST<sub>+15</sub> 处理, 为 39.68 cm, 宽度和质量最大值出现在 ST 处理, 分别为 1.13 cm、0.21 g。影响穗质量的上三叶因子主要是上三叶质量, 尤其是倒三叶质量, 相关系数为 0.929<sup>\*\*</sup>。影响穗质量的节间是上二节, 相关系数为 0.927<sup>\*\*</sup>, 上二节间越长, 穗质量越高。不同施氮水平的源库特征变化趋势一致, 库源比均以 ST 处理为最高。株高与单株穗质量相关达到显著水平, 相关系数为 0.928<sup>\*</sup>。上三叶的宽度对单株产量的影响较大。所有节间与单株穗质量呈正相关, 但均未达到显著水平。

**关键词:** 水稻; 施氮量; 株型; 穗部性状; 相关性

中图分类号: S511 文献标志码: A 文章编号: 1004-3268(2012)01-0040-05

## Effects of Different Nitrogen Application Rate on Rice Plant Type and Ear Trait Characteristics and Their Correlations

LU Wei-lin, DUAN Ren-zhou, YU Xin-chun, YAN De-yuan, YU Ming-hui, HU Jian-tao

(Institute of Agricultural Sciences in Xinyang, Xinyang 464000, China)

**Abstract:** With a conventional japonica rice variety Wujing15 as the material, the effects of different nitrogen application rate on the rice plant type and ear trait characteristics as well as their correlations were studied in this experiment. The results showed that flag leaf length, width and quality got higher as the amount of nitrogen was increased. They reached the maximum of 28.10 cm, 1.22 cm, 0.18 g, respectively, under ST treatment (300 kg/ha), and then got lower. The length and quality of the second inverted leaf displayed a consistent performance with the flag leaf, while the width showed bigger under the treatment ST<sub>-15</sub> (N 255 kg/ha), ST and ST<sub>+15</sub> (N 345 kg/ha), through the difference was small. The length, width and quality of the 3rd inverted leaf firstly got higher and then decreased as the amount of nitrogen was increased, and the maximum length of 39.68 cm appeared under ST<sub>+15</sub> treatment, while the maximum width and quality were 1.13 cm and 0.21 g under ST treatment. The factor associated with top three leaves affecting the panicle quality was mainly the leaf quality, especially the quality of the 3rd inverted leaf, with the correlation coefficient of 0.929<sup>\*\*</sup>. The top two internodes affected the panicle quality with the correlation coefficient of 0.927<sup>\*\*</sup>. The longer the two internodes were, the higher the panicle quality was. The source and sink characteristics had the same trend at different levels of nitrogen, and the ratio of sink to source always showed the highest under ST treatment. The plant height

收稿日期: 2011-07-06

基金项目: 河南省重大科技专项 (091100110402)

作者简介: 鲁伟林 (1974-), 男, 河南信阳人, 副研究员, 主要从事水稻育种及栽培技术研究。E-mail: luweilin@126.com

was significantly correlated with the ear quality, with the correlation coefficient of 0.928\*. The width of the top three leaves had a great impact on the yield per plant. All of the internodes were positively correlated with the ear quality per plant, but did not reach significant levels.

**Key words:** rice; amount of nitrogen; plant type; ear traits; correlation

我国稻作技术水平的不断提高取决于高产育种和栽培技术的发展。水稻产量的提高总是伴随着株型的不断优化而实现一次次的突破。如袁隆平院士的“高冠层、大库容、矮穗层”超高产植株形态模式,黄耀祥院士的“半矮秆丛生早长超高产株型模式”,杨守仁教授的“直立大穗型模式”,周开达院士的“重穗型模式”等,对我国水稻超高产育种具有重要的指导意义。理想株型育种已成为众多育种家的共识<sup>[1-3]</sup>。许多学者对水稻株型特征进行了大量的研究<sup>[4-8]</sup>,而在同一品种不同氮肥施用量的基础上,对水稻株型特征产生的影响报道较少。为此,研究了水稻在超高产条件下,不同施氮量对株型及穗部性状的影响,旨在为高产栽培提供理论依据。

## 1 材料和方法

### 1.1 试验概况

试验于 2008 年在河南省信阳市农业科学研究所试验田进行。供试材料为常规粳稻品种武粳 15 号,5 月 6 日播种。采用专用秧盘定量播种,每孔播 1 粒种子,湿润育秧。三叶一心移栽。株行距 16.7 cm×30 cm,每穴 1 株种子苗。浅插 2~3 cm。拉线手工定点栽插。小区面积 4 m×5.5 m,3 次重复。塑料薄膜覆盖防串肥。按照精确定量栽培技术进行水分管理,及时防治病虫害。

### 1.2 试验设计

氮肥施用量按 Stanford 方程和凌启鸿等<sup>[9]</sup>的方法计算。设 5 个不同施氮量处理。即 210.00 kg/hm<sup>2</sup> (ST<sub>-30</sub>)、255.00 kg/hm<sup>2</sup> (ST<sub>-15</sub>)、300.00 kg/hm<sup>2</sup> (ST)、345.00 kg/hm<sup>2</sup> (ST<sub>+15</sub>)、390.00 kg/hm<sup>2</sup> (ST<sub>+30</sub>),以不施氮肥(CK)为空白对照。N:P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>:K<sub>2</sub>O=1:0.5:

0.7;基肥氮:穗肥氮=5.5:4.5;基肥氮:分蘖肥氮=7:3。磷肥一次性作基肥施用。钾肥分基肥和拔节肥(倒四叶)两次施用,各占 50%。在耙田时施基肥,移栽后 7 d 施分蘖肥,倒三叶半时(3.5 叶)施用促花肥,倒一叶半(1.5 叶)施用保花肥,各占穗肥氮的 50%。

### 1.3 测定项目及方法

在成熟期分别取代表性植株样 3 株,测量水稻顶部三叶的长和宽、各伸长节间的长度;分茎鞘、叶片、穗等在 105℃ 杀青 30 min,75~80℃ 烘干至恒定质量,称顶部 3 片叶和穗的质量。按照比重法计算叶面积。另外,成熟期每处理取具有平均茎蘖数的植株 3 株,测定株高、秆长、穗长、单株穗数、每穗颖花数、实粒数、千粒重。每株单独脱粒,测定单株穗质量。每小区全部收割,脱粒,测定实际产量。按照徐正进等<sup>[10]</sup>的方法计算穗型指数。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同施氮水平下水稻上三叶的表现与分布

水稻上三叶是进行光合作用的主要场所。有研究表明,剑叶和倒二叶合成的光合产物提供了水稻籽粒产量的 80% 以上<sup>[11]</sup>。由表 1 可知,在 210.00~390.00 kg/hm<sup>2</sup> 施氮量范围内,剑叶的长、宽、质量随着施氮量的增加而增加,至 ST 处理时最大,分别为 28.10 cm、1.22 cm、0.18 g,随后降低;倒二叶长、质量与剑叶的表现一致,处理 ST<sub>-15</sub>、ST、ST<sub>+15</sub> 倒二叶宽均较高,但差异不大;倒三叶的长、宽、质量随着施氮量的增加而增加,随后降低,其中长度最大值出现在 ST<sub>+15</sub> 处理,宽度和质量最大值出现在 ST 处理。由此可见,ST 处理是最适宜的株型,为获得高产塑造了良好的叶片形态。

表 1 不同施氮水平下水稻源库表现与分布

项目	指标	ST <sub>-30</sub>	ST <sub>-15</sub>	ST	ST <sub>+15</sub>	ST <sub>+30</sub>	CK
剑叶长	平均值/cm	26.17	26.33	28.10	26.82	25.52	18.80
	变异范围	23.97~28.76	23.95~27.90	24.70~30.10	24.33~30.80	21.57~30.75	15.87~20.06
	偏度	0.08	-0.57	-0.67	0.80	0.70	-1.58
	峰度	-0.37	-0.58	-2.95	0.45	-0.94	2.64
剑叶宽	平均值/cm	1.14	1.17	1.22	1.21	1.14	1.07
	变异范围	0.85~1.45	1.05~1.37	1.07~1.28	1.05~1.35	1.00~1.30	0.95~1.13
	偏度	0.31	1.17	-2.10	-0.74	0.29	-1.09
	峰度	2.11	1.52	4.43	-0.88	-1.59	-0.22

续表 1 不同施氮水平下水稻源库表现与分布

项目	指标	ST <sub>-30</sub>	ST <sub>-15</sub>	ST	ST <sub>+15</sub>	ST <sub>+30</sub>	CK
剑叶质量	平均值/g	0.16	0.17	0.18	0.15	0.16	0.11
	变异范围	0.14~0.21	0.13~0.2	0.14~0.23	0.13~0.17	0.12~0.22	0.09~0.13
	偏度	1.61	0.47	-0.20	0.04	0.56	1.16
	峰度	2.56	2.01	0.67	-0.41	-1.99	1.89
倒二叶长	平均值/cm	38.05	38.02	39.70	39.38	38.14	31.55
	变异范围	30.90~41.60	33.85~41.63	36.30~42.30	36.82~42.40	34.25~44.95	28.53~34.33
	偏度	-1.17	-0.39	-0.87	0.14	1.14	-0.26
	峰度	-0.48	-1.50	1.69	-1.64	0.12	-0.15
倒二叶宽	平均值/cm	1.01	1.13	1.11	1.12	1.06	0.99
	变异范围	0.90~1.10	1.00~1.30	1.09~1.15	0.99~1.22	1.00~1.15	0.90~1.10
	偏度	-0.23	0.60	1.26	-0.37	0.95	0.56
	峰度	-0.70	-0.35	1.10	-1.69	-0.15	0.61
倒二叶质量	平均值/g	0.21	0.21	0.23	0.20	0.23	0.16
	变异范围	0.17~0.27	0.17~0.24	0.21~0.26	0.18~0.23	0.16~0.30	0.13~0.18
	偏度	0.38	-0.72	1.32	0.00	0.38	-0.91
	峰度	-0.85	1.79	2.75	-0.35	-0.75	1.34
倒三叶长	平均值/cm	36.80	37.27	39.01	39.68	39.16	36.47
	变异范围	33.85~39.50	30.02~41.30	37.00~40.50	32.55~42.85	34.43~41.85	33.33~37.75
	偏度	0.03	-1.24	-0.64	-1.70	-1.53	-1.77
	峰度	-1.38	0.73	-0.85	3.36	3.19	3.17
倒三叶宽	平均值/cm	0.98	1.11	1.13	1.11	1.07	0.99
	变异范围	0.87~1.06	1.09~1.17	1.03~1.35	1.04~1.17	0.90~1.25	0.81~1.10
	偏度	-0.77	1.65	2.13	-0.57	0.22	-1.16
	峰度	-0.70	2.44	4.68	-1.34	0.40	2.08
倒三叶质量	平均值/g	0.16	0.19	0.21	0.19	0.20	0.18
	变异范围	0.11~0.20	0.18~0.21	0.18~0.24	0.16~0.21	0.15~0.24	0.16~0.20
	偏度	-0.75	1.14	0.52	-1.37	-0.79	-0.94
	峰度	0.69	0.90	-0.20	1.79	-1.68	0.25

2.2 不同施氮水平下水稻上三叶与穗质量的关系

籽粒是水稻抽穗后的主要库器官,而上三叶是进行光合作用的主要场所,库源能力往往与一些表型性状有关,如叶片的大小、形状等。上三叶性状与穗质量之间的相关分析表明(表 2),剑叶长与剑叶宽相关性达到显著水平;剑叶宽与剑叶质量、倒二叶质量相关性达到显著水平;剑叶质量与倒二叶宽、倒二叶质量相关性达到极显著水平,与穗质量相关性达到显著水平;倒二叶宽与

倒二叶质量、倒三叶宽、倒三叶质量相关性达到显著水平;倒二叶质量与倒三叶宽、倒三叶质量、穗质量相关性达到显著水平;倒三叶长与倒三叶质量相关性达到显著水平;倒三叶宽与倒三叶质量相关性达到极显著水平,与穗质量相关性达到显著水平;倒三叶质量与穗质量相关性达到极显著水平。表明影响穗质量的主要是上三叶质量,尤其是倒三叶质量。而影响叶片质量的主要性状是相应叶片的宽度,叶片长度的影响较小。

表 2 水稻上三叶与穗质量之间的相关性

项目	剑叶长	剑叶宽	剑叶质量	倒二叶长	倒二叶宽	倒二叶质量	倒二叶长	倒二叶宽	倒三叶质量
剑叶宽	0.799*								
剑叶质量	0.463	0.872*							
倒二叶长	0.721	0.516	0.368						
倒二叶宽	0.404	0.749	0.888**	0.281					
倒二叶质量	0.249	0.766*	0.959**	0.207	0.836*				
倒三叶长	-0.654	-0.236	0.163	-0.518	0.273	0.358			
倒三叶宽	-0.023	0.403	0.708	0.043	0.840*	0.770*	0.723		
倒三叶质量	-0.206	0.358	0.728	-0.193	0.773*	0.833*	0.760*	0.916**	
穗质量	-0.092	0.430	0.782*	-0.148	0.720	0.829*	0.643	0.814*	0.929**

注: \* 代表差异性达到 5% 的显著水平, \*\* 代表差异性达到 1% 的显著水平。下同。

### 2.3 不同施氮水平下水稻节间与穗质量的关系

供试水稻品种伸长节间数 7 节,因第一伸长节间部分处理不明显,只进行上部 6 个节间的统计分析。由表 3 可知,上二节与穗质量相关性达到极显著水平;上三节与上五节相关性达到极显著水平。上二节、上一节、上五节、上六节的长度对穗质量有促进作用,上三节、上四节的长度对穗质量有抑制作用,但均不显著。表明影响穗质量的节间是上二节,上二节间越长,穗质量越高。

表 3 水稻节间与穗质量的相关性

项目	上一节	上二节	上三节	上四节	上五节	上六节
上二节	0.679					
上三节	-0.527	0.165				
上四节	-0.684	-0.680	0.374			
上五节	-0.299	0.304	0.952**	0.288		
上六节	0.542	0.562	-0.088	-0.299	-0.031	
穗质量	0.764	0.927**	-0.055	-0.796	0.078	0.727

表 4 不同施氮水平对水稻库源关系特征的影响

处理	颖花数/ 叶面积	实粒数/ 叶面积	实产/ 叶面积	产量/ 叶面积
ST <sub>-30</sub>	15.53	13.45	89.76	90.54
ST <sub>-15</sub>	16.16	14.86	89.86	90.73
ST	17.57	16.49	89.93	91.16
ST <sub>+15</sub>	16.52	15.44	78.62	82.48
ST <sub>+30</sub>	15.51	13.42	74.62	81.69
CK	14.49	13.46	102.7	103.21

### 2.4 不同施氮水平下水稻库源的关系特征

经典的稻作源库理论,通常把绿叶定为源,用绿叶面积或 LAI 来衡量源特征;把最终贮存光合产物的器官定为库,其特征用单位面积上的颖花量描述;并认为粒/叶是衡量群体库源关系的一个综合指标<sup>[9]</sup>。本研究根据抽穗期测定的叶面积,用叶面积作为源,以颖花数、实粒数、实粒质量及产量作为库的指标,计算各处理的库源比,列于表 4。结果表明,不同施氮水平下源库特征变化趋势一致,库源比均以 ST 和 CK 处理为最高。

### 2.5 不同施氮水平下水稻单株产量指标与株型的关系

2.5.1 水稻株穗型与单株产量形成的关系 由表 5 可知,株高与单株穗质量的相关性达到显著正相关;穗型指数与单株穗数的相关性达到极显著正相关;着实粒密度与千粒重相关性达到显著正相关。表明增加株高可显著提高产量;增加穗数,可极显著提高穗型指数,即提高穗上部优势粒比例;着实粒密度的增加,可显著提高千粒重。

表 5 水稻株穗型与单株产量形成指标的相关性

项目	株高	秆长	茎鞘叶质量	穗长	穗型指数	着粒密度	着实粒密度
单株穗数	0.758	0.552	0.644	-0.305	0.879**	-0.053	0.147
穗粒数	-0.639	-0.317	0.157	-0.140	-0.435	-0.469	-0.440
结实率	0.053	-0.055	-0.761	0.832	-0.598	0.878	0.650
千粒重	0.785	0.121	0.031	0.714	-0.064	0.778	0.904*
单株穗质量	0.928*	0.307	-0.028	0.139	0.503	0.461	0.504

2.5.2 水稻叶片长宽及长宽比与单株产量形成的关系 由表 6 可知,倒一叶长与结实率的相关性达到显著正相关;倒一叶宽、倒二叶宽与单株穗质量的相关性达到极显著正相关;倒三叶宽与单株穗质量的相关性达到显著正相关,与穗粒数的相关性达到

显著负相关;倒三叶长与单株穗数的相关性达到极显著正相关。上三叶的长度均与单株产量呈正相关,长宽比均与单株产量呈负相关,但均未达到显著水平。表明上三叶的宽度对单株产量的影响较大,其次是上三叶的长度。

表 6 水稻叶片长宽与单株产量形成的相关性

项目	倒一叶			倒二叶			倒三叶		
	长	宽	长/宽	长	宽	长/宽	长	宽	长/宽
单株穗数	0.157	0.377	-0.571	0.572	0.275	-0.082	0.966**	0.385	0.174
穗粒数	-0.648	-0.818	0.470	-0.749	-0.861	0.656	-0.726	-0.899*	0.596
结实率	0.925*	0.519	0.508	0.428	0.404	-0.240	-0.237	0.322	-0.551
千粒重	0.545	0.169	0.424	0.457	-0.064	0.252	0.289	0.021	0.160
单株穗质量	0.873	0.976**	-0.464	0.717	0.952**	-0.559	0.791	0.923*	-0.463

2.5.3 水稻植株节间与单株产量形成的关系 由表 7 可知,上一节间和上二节间与结实率的相关性达到显著正相关,所有节间与单株穗质量呈正相关,

但均未达到显著水平。表明增加上一、二节间的长度,可以显著提高结实率。同时,各节间长度的增加,可增加植株的生物产量,促进单株产量的提高。

表 7 水稻植株节间与单株产量形成的相关性

项目	上一节间	上二节间	上三节间	上四节间	上五节间	上六节间
单株穗数	-0.237	-0.628	0.716	0.738	0.762	0.577
穗粒数	-0.338	-0.188	-0.262	-0.382	-0.587	-0.249
结实率	0.953*	0.890*	-0.767	-0.666	-0.476	-0.717
千粒重	0.662	-0.010	-0.198	-0.131	-0.206	-0.298
单株穗质量	0.291	0.024	0.358	0.472	0.611	0.323

### 3 结论与讨论

水稻群体的光合生产力主要决定于叶的光合生产力。不同氮素水平下,水稻上三叶的光合速率高于下部叶<sup>[12]</sup>。凌启鸿<sup>[13]</sup>研究认为,上三叶应比基部叶片长,上三叶在水稻灌浆期是高效功能叶,提高其叶面积比率,必然伴随高成穗率和大穗形成,因此,适当提高其在群体中的比率可降低抽穗后叶面积的衰老率,提高抽穗后的光合势和净同化率,有利于实现超高产。有研究表明,上三和上四叶的相对色差能较好地反映水稻植株的氮素状况<sup>[14]</sup>。袁隆平<sup>[15]</sup>的超高产杂交稻育种模式中要求剑叶的长度达 50cm 以上,横截面呈 V 型,有利于叶片保持直立。江立庚等<sup>[16]</sup>研究认为,倒一叶和倒二叶对氮素养分的响应性最差,与植株总氮含量和产量的相关性最差,而倒三叶对氮素养分的响应较高,与植株总氮含量和产量的相关性最好。本研究结果表明,剑叶的长、宽、质量随施氮量的增加而增加,300 kg/hm<sup>2</sup> 氮处理最大。上三叶的长度均与单株产量呈正相关,上三叶的宽度对单株产量的影响较大,达显著水平或极显著水平;影响穗质量的节间是上二节,达极显著水平;倒三叶质量与穗质量相关性达到极显著水平。同时,增加株高,可显著提高产量;增加穗数,可极显著提高穗型指数;着实粒密度的增加,可显著提高千粒重。与前人研究结果相一致。

虽然水稻的株型及穗部性状特征主要由遗传基因控制,但其群体特征一定程度上受控于生态环境。本研究按 Stanford 方程和凌启鸿等<sup>[9]</sup>研究的数据计算出的标准施氮量 ST 处理在上三叶表现、库源比等方面优势突出,是最适宜的株型。因此,通过栽培途径实现对水稻高产株型的人为调控,特别是氮肥的合理施用,有利于塑造优良的高光效株型,培育高产株型群体,达到进一步提高产量的目的。

### 参考文献:

- [1] 王伯伦,董克,曹洪屯. 从栽培角度对水稻理想株型的研究[J]. 沈阳农业大学学报,1991,22(增刊):61-68.
- [2] 黄耀祥. 水稻超高产育种研究[J]. 作物杂志,1990(2):1-2.
- [3] 孙旭初. 水稻叶型的类别及其与光合作用关系的研究[J]. 中国农业科学,1985,18(4):19-22.
- [4] 蒋彭炎. 从水稻稀少平栽培法的高产效应看栽培技术与株型的关系[J]. 中国水稻科学,1987,1(2):111-117.
- [5] 杨守仁. 水稻超高产育种的新动向——理想株型与优势利用相结合[J]. 沈阳农业大学学报,1987,24(1):5-8.
- [6] 杨守仁,张龙步,陈温福. 水稻超高产育种的理论和方法[J]. 沈阳农业大学学报,1996,27(1):1-7.
- [7] 陈温福,徐正进,张步龙,等. 水稻超高产育种的理论与方法[J]. 中国农业科技导报,1999,1(1):21-25.
- [8] 袁隆平. 杂交水稻超高产育种[J]. 杂交水稻,1999,12(6):1-3.
- [9] 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.
- [10] 徐正进,陈温福,张树林,等. 辽宁水稻穗型指数品种间差异及其与产量和品质的关系[J]. 中国农业科学,2005,38(9):1926-1930.
- [11] 凌启鸿,张洪程,戴其根,等. 水稻精确定量施氮研究[J]. 中国农业科学,2005,38(12):2457-2467.
- [12] 刘宛,徐正进,陈温福,等. 不同氮素水平对直立穗型水稻品种群体光合特性的影响[J]. 沈阳农业大学学报,2001,32(1):8-12.
- [13] 凌启鸿. 作物群体质量[M]. 上海:上海科学技术出版社,2000.
- [14] 王绍华,曹卫星,王强盛,等. 水稻叶色分布特点与氮素营养诊断[J]. 中国农业科学,2002,35(12):1461-1466.
- [15] 袁隆平. 杂交水稻超高产育种[J]. 杂交水稻,1999,12(6):1-3.
- [16] 江立庚,曹卫星,姜东,等. 水稻叶氮量等生理参数的叶位分布特点及其与氮素营养诊断的关系[J]. 作物学报,2004,30(8):739-744.