

吕小红, 付立东, 宋玉婷, 等. 施氮量对不同株型水稻产量及穗部性状的影响[J]. 江苏农业学报, 2016, 32(3): 542-547.  
doi: 10.3969/j.issn.1000-4440.2016.03.009

## 施氮量对不同株型水稻产量及穗部性状的影响

吕小红<sup>1</sup>, 付立东, 宋玉婷<sup>2</sup>, 陈温福<sup>2</sup>

(1. 辽宁省盐碱地利用研究所, 辽宁 盘锦 124010; 2. 沈阳农业大学水稻研究所, 辽宁 沈阳 110161)

**摘要:** 选用穗型直立的紧凑型品种沈农 07425 和穗型弯曲的松散型品种秋光为材料, 研究了施氮量对不同株型水稻品种产量及穗部性状的影响。在一定范围内, 随着施氮量的提高, 紧凑型品种沈农 07425 和松散型品种秋光的产量增加, 因此可以适当增大两品种的氮肥施用量至 375.28 kg/hm<sup>2</sup>。氮肥对两株型品种有效穗数的影响均达显著水平, 品种间差异极显著, 有效穗数的大小次序为高氮处理>中氮处理>低氮处理; 两株型品种间结实率差异显著, 每穗粒数、千粒质量差异极显著。穗质量、一次枝梗数、一次枝梗穗粒数、二次枝梗数、二次枝梗穗粒数和二次枝梗结实率两品种间差异显著。表明, 不同施氮量下紧凑型品种沈农 07425 较大的穗长、穗质量、一次枝梗穗粒数和二次枝梗数导致了其产量的提高, 松散型品种秋光较高的穗长、一次枝梗结实率、二次枝梗数和二次枝梗结实率是其增产的主要原因。

**关键词:** 施氮量; 水稻; 株型; 产量; 穗部性状

**中图分类号:** S511 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-4440(2016)03-0542-06

## Effects of nitrogen application rates on yield and panicle traits of rice varieties with different plant types

LYU Xiao-hong<sup>1</sup>, FU Li-dong, SONG Yu-ting<sup>2</sup>, CHEN Wen-fu<sup>2</sup>

(1. Liaoning Saline-alkali Land Utilization and Research Institute, Panjin 124010, China; 2. Rice Research Institute, Shenyang Agricultural University, Shenyang 110161, China)

**Abstract:** The compact rice Shennong 07425 with erect panicle and the loose rice Akihikari with curved panicle were used to study the effect of nitrogen application on yield and panicle traits of rice varieties with different plant types. The main results are as follows. Grain yield of Shennong 07425 and Akihikari increased significantly with the growing nitrogen level, suggesting that the nitrogen application of two varieties could be increased appropriately to 375.28 kg/hm<sup>2</sup> or more. The panicle numbers of both varieties were significantly increased by nitrogen application rates in the order of high nitrogen>middle nitrogen>low nitrogen. Seed setting rate, grain number per panicle and 1 000-grain weight differed significantly between the two varieties, as well as panicle weight, number of primary branch, grains in primary branch, number of second-

ary branches, grains in secondary branch, and seed setting rate of secondary branch. The long and heavy panicle the great number of grains in primary branch and secondary branches of Shennong 07425 led to its high yield, while long panicle, high seed setting rate of primary branch, great number of secondary branches and high seed setting rate of the secondary branch of Akihikari contributed to the high production.

**Key words:** nitrogen application; rice; plant type; yield; panicle trait

收稿日期: 2015-01-26

基金项目: 国家科技支撑计划项目(2006BAD01A01-6); 辽宁省科技厅重大攻关项目(2008201002); 辽宁省博士科研启动基金(20141169)

作者简介: 吕小红(1983-), 女, 内蒙古赤峰人, 博士, 助理研究员, 主要从事水稻高产栽培研究。(E-mail) lvxiaohong1214@126.com.

通讯作者: 付立东, (Tel) 0427-2836038; (E-mail) fld1341@126.com

氮肥是水稻生长发育所必须的三大营养元素之一,其对水稻产量所起的作用远大于磷和钾<sup>[1-4]</sup>,稻谷产量的增加大部分依赖于施氮量的提高<sup>[5]</sup>。多年来,大量研究者在氮肥施入量及施入时期对水稻产量的影响等方面做了大量的工作<sup>[6-11]</sup>,对当地的水稻高产及氮肥利用率的提高起到了重要作用。北方稻区生产上不断推广应用的穗型直立的紧凑型水稻品种,研究人员在其干物质生产、灌浆特性、粒形和抗病性等<sup>[12-15]</sup>方面已有一些报道,但基于其穗部性状的产量构成因子的报道还不多。为此,本研究以不同株型水稻品种为材料,以水稻的产量为起点,从水稻穗部性状的角度出发探究其对氮素的响应,为提高不同株型水稻品种的氮肥利用率、指导科学施肥以及以提高氮素利用率为目标的品种改良等提供理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

以水稻品种沈农 07425 和秋光为试验材料,其中沈农 07425 穗型直立,株型紧凑,耐肥抗倒性较强,为典型的直立穗紧凑型品种;秋光穗型弯曲,株型较松散,耐肥抗倒性较差,为典型的弯曲穗松散型品种。

### 1.2 试验设计

采用盆栽方式,盆钵直径 30 cm,高 26 cm,每盆装土 13.25 kg。土壤基本理化性质按鲍士旦<sup>[16]</sup>的方法测定,全氮含量为 1.1 g/kg,全磷含量为 2.8 g/kg,全钾含量为 34.0 g/kg,有机质 29.8 g/kg,水解氮 84.5 mg/kg,有效磷 38.3 mg/kg,有效钾 138.7 mg/kg, pH 值 5.65。

2 个水稻品种分别设 3 个氮肥水平,氮肥梯度参考毛达如<sup>[17]</sup>的《植物营养研究法》设定,设低氮处理(187.64 kg/hm<sup>2</sup>, N1)、中氮处理(281.46 kg/hm<sup>2</sup>, N2)、高氮处理(375.28 kg/hm<sup>2</sup>, N3),以完全不施肥(CK)、不施氮肥(PK, 磷钾肥正常施用)为对照,共 10 个处理组合,每个处理 10 盆,3 次重复,完全随机排列。施用磷酸二铵 300 kg/hm<sup>2</sup>(其中所含的氮已包括在总氮里),氯化钾 225 kg/hm<sup>2</sup>。氮肥分基肥、蘖肥、穗肥(按 5:3:2 比例)施入,其中以尿素作为基肥,硫酸铵作为蘖肥、穗肥追施,磷肥和钾肥作为基肥一次性施入。4 月 12 日营养土保温旱育苗<sup>[18]</sup>,5 月 20 日插秧,每盆 3 穴,每穴 1 株。阴

雨天气采用遮雨棚防止雨水冲刷。其他栽培管理措施同大田。

### 1.3 测定内容与方法

收获时,各处理取有代表性的盆栽植株 3 盆,共 90 盆,单盆收获,用于室内考种,其余全部收获,自然风干,测产。调查每盆所有穗的一次枝梗数,按众数取其中 10 穗,分别测定穗长、穗质量、一次枝梗数、二次枝梗数及一次枝梗、二次枝梗成粒数和空瘪粒数,分别计算一次枝梗、二次枝梗结实率及千粒质量。

### 1.4 数据分析

应用 Microsoft Excel 和 DPS 数据处理系统分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同施氮水平下水稻品种的产量及产量构成因素

氮肥对水稻产量的影响,是对各个产量构成因素共同作用的结果<sup>[19]</sup>。由表 1 可知,随着施氮量的提高,沈农 07425 和秋光的产量明显增加,其中秋光 3 个处理的产量均显著或极显著高于 PK、CK 2 个对照,沈农 07425 N1、N2 和 N3 处理的产量均显著高于 CK。

从沈农 07425 的产量构成因素(表 1)来看,施氮量对有效穗数的影响最大, N1 处理的有效穗数与对照 CK 差异达到显著水平, N3 处理的有效穗数与 PK 差异显著, N2、N3 处理与 CK 差异极显著。沈农 07425 N1、N3 处理的每穗粒数极显著高于 N2、CK 处理;沈农 07425 结实率以 N2 处理最大,分别比 N1、N3、PK 和 CK 处理高 0.60、0.89、0.30 和 1.42 个百分点;沈农 07425 各处理间的千粒质量差异不显著。可见,施氮条件下紧凑型水稻品种的产量受有效穗数影响较大,受每穗粒数和结实率影响次之,受千粒质量影响较小。

从秋光的产量构成因素来看,施氮量对有效穗数的影响最大, N2、N3 处理的有效穗数与 N1、PK 和 CK 差异极显著, N2、N3 的有效穗数差异达极显著, N1 处理的有效穗数与 CK 达到极显著差异水平。各处理的每穗粒数无显著差异;秋光的结实率 N3 处理最大, N2、N3 处理的结实率与 PK 差异极显著,与 CK 差异显著;PK 处理的千粒质量最大, PK 处理的千粒质量与 N1、N3 处理差异极显著,与 N2、

表 1 不同施氮水平下不同株型水稻品种产量及产量构成因素的比较

Table 1 Comparison of yield and yield components between two rice plant types under several N application levels

品种	处理	1 hm <sup>2</sup> 有效穗数 (×10 <sup>4</sup> )	每穗粒数	结实率 (%)	千粒质量 (g)	产量 (t/hm <sup>2</sup> )
沈农 07425	N1	282.95fEF	218.33aA	97.22abAB	22.75cC	12.81cdCD
	N2	342.68defDE	186.33bB	97.82aA	22.46cC	12.88cdBCD
	N3	391.41dD	217.33aA	96.93abcAB	21.66cC	14.46cABC
	PK	297.09efDE	210.67aA	97.52aAB	22.04cC	11.66dDE
	CK	188.63gF	171.67bB	96.40abcAB	22.54cC	6.27fF
秋光	N1	540.74cC	122.00cC	95.79bcABC	24.78bB	12.58cdCD
	N2	661.78bB	118.00cC	96.44abcAB	25.35bAB	15.54abAB
	N3	776.54aA	121.67cC	96.78abcAB	24.76bB	16.44aA
	PK	537.60cC	106.67cC	93.94dC	27.00aA	11.03deDE
	CK	367.83deDE	118.67cC	95.33cdBC	25.26bAB	9.29eE

N1:施氮 187.64 kg/hm<sup>2</sup>;N2:施氮 281.46 kg/hm<sup>2</sup>,N3:施氮 375.28 kg/hm<sup>2</sup>,PK:只施磷、钾肥;CK:不施肥。同一竖栏数值后不同小写和大写字母表示差异达 0.05 和 0.01 显著水平。

CK 差异显著。可见,不同施氮条件下松散株型水稻品种的产量受有效穗数影响较大,受结实率和千粒质量影响次之,受每穗粒数影响较小。

2.2 品种与施氮水平对产量及产量构成因素影响的互作分析

由表 2 可知,品种与施氮水平对有效穗数的影响均达到极显著水平,且二者的交互作用对有效穗数影响显著。每穗粒数受品种因素影响达极显著水平,品种与施氮水平的交互作用对其影响极显著。结实率受品种因素影响显著。千粒质量受品种因素影响极显著。产量受施氮水平影响达到极显著水平,受品种与施氮水平的交互作用影响显著。

表 2 品种与施氮水平对产量及产量构成因素交互作用的 F 检验  
Table 2 F significance test of interactive effects of variety and N level on yield and yield components

项目	有效穗数	每穗粒数	结实率	千粒质量	产量
A	61.77 **	73.60 **	7.31 *	40.85 **	3.30
B	8.42 **	0.99	0.94	0.71	12.43 **
A×B	4.51 *	8.56 **	2.51	2.82	3.22 *

\*,\*\* 分别表示 F 值在 0.05 和 0.01 水平上显著。A 代表品种;B 代表施氮水平。

2.3 不同施氮水平下水稻品种的穗部性状

由表 3 可知,随着施氮水平的提高,沈农 07425 和秋光的穗部性状也会受到一些影响。N1、N2 和 N3 处理下沈农 07425 穗长极显著大于 CK 的穗长。

N1、N2、N3 和 PK 处理下沈农 07425 穗质量极显著大于 CK 的穗质量。各施氮处理间沈农 07425 的一次枝梗数差异不显著,一次枝梗穗粒数差异不显著,一次枝梗穗粒数显著大于 CK 处理。N2 处理的沈农 07425 一次枝梗结实率显著大于 CK 处理的一次枝梗结实率。N3、PK 处理的沈农 07425 二次枝梗数极显著大于 N2 和 CK 处理,N1 处理的沈农 07425 二次枝梗数极显著大于 N2 和 CK 处理。N1 处理的沈农 07425 二次枝梗穗粒数极显著大于 N2 和 CK 处理,N3、PK 处理的二次枝梗穗粒数显著大于 N2,极显著大于 CK 处理。二次枝梗结实率各处理之间差异不显著。

N3 处理的秋光穗长显著大于 CK 的穗长。秋光各处理间的穗质量、一次枝梗数、一次枝梗穗粒数差异不显著。N3 处理的秋光一次枝梗结实率极显著大于 PK 处理的一次枝梗结实率,显著大于 CK 处理的一次枝梗结实率。N1、N2、N3 处理的秋光二次枝梗数显著大于 CK 处理,各处理的二次枝梗穗粒数差异不显著,N3 的二次枝梗结实率显著大于 N1、CK 处理,极显著大于 PK 处理的二次枝梗结实率。

2.4 品种与施氮水平对穗部性状的互作分析

由表 4 可知,品种与施氮水平对穗长的影响均达极显著水平,而穗质量受品种影响极显著,品种与施氮水平对其产生极显著的正交互作用。一次枝梗数、一次枝梗穗粒数受品种因素影响达极显著水平。

表 3 不同施氮水平下不同株型水稻品种穗部性状的比较

Table 3 Comparison of panicle traits between two rice plant types under several N application levels

品种	处理	穗长 (cm)	穗质量 (g)	一次枝梗			二次枝梗		
				数量	粒数	结实率(%)	数量	粒数	结实率(%)
沈农 07425	N1	17.49deBC	4.96aA	14.67aA	86.93aAB	96.91abcAB	38.50aAB	131.27aA	97.34abAB
	N2	17.23eC	4.53aA	13.67aA	81.80abAB	98.13aA	34.20bB	104.47bBC	97.64aAB
	N3	18.23abcdABC	4.89aA	14.67aA	93.23aA	97.38abAB	39.60aA	124.20aAB	96.72abcAB
	PK	17.84bcdeABC	4.73aA	14.67aA	86.10aAB	97.85abA	39.97aA	124.50aAB	98.01aA
	CK	16.03fD	3.91bB	14.00aA	71.27bcBC	96.55bcAB	33.87bB	100.50bC	97.26abAB
秋光	N1	18.04abcdeABC	3.10cC	11.33bB	61.37cdC	96.79abcAB	20.73cdC	60.83cD	94.73cdBC
	N2	18.54abcAB	3.03cC	11.00bB	60.60cdC	97.42abAB	19.90cdC	57.57cD	95.41bcABC
	N3	18.73aA	3.02cC	11.33bB	61.70cdC	97.53abA	21.27cC	59.97cD	95.99abcAB
	PK	18.64abAB	2.69cC	11.00bB	57.23dC	95.47cB	18.80cdC	49.43cD	92.70dC
	CK	17.72cdeABC	2.81cC	11.33bB	61.17cdC	96.50bcAB	17.60dC	57.33cD	94.87cBC

N1、N2、N3、PK 及 CK 见表 1 注。同一竖栏同一品种数值后不同小写字母表示差异达 0.05 显著水平,不同大写字母表示差异达 0.01 显著水平。

表 4 品种与施氮水平对穗部性状交互作用的  $F$  检验Table 4  $F$  significance test of interactive effects of variety and N level on panicle traits

项目	穗长	穗质量	一次枝梗			二次枝梗		
			数量	粒数	结实率	数量	粒数	结实率
A	17.87 **	99.64 **	245.44 **	38.95 **	1.77	237.85 **	88.91 **	12.85 **
B	5.67 **	1.92	1.56	0.97	1.06	2.39	1.03	0.29
A×B	1.55	7.90 **	0.56	1.94	2.15	2.43	3.18 *	2.60

\*, \*\* 分别表示  $F$  值在 0.05 和 0.01 水平上显著。A 代表品种, B 代表施氮水平。

二次枝梗数、二次枝梗穗粒数和二次枝梗结实率受品种因素影响达极显著水平,二次枝梗穗粒数受品种与施氮水平的交互作用影响达显著水平。

## 2.5 产量及产量构成因子与穗部性状的相关性

表 5 揭示了沈农 07425 和秋光的穗部性状与产量及产量构成因子的相关性,可以看出,沈农 07425 的穗长与有效穗数、每穗粒数、产量显著正相关。穗质量与产量显著正相关,与每穗粒数极显著正相关。一次枝梗数与每穗粒数显著正相关。一次枝梗穗粒数与有效穗数显著正相关,与每穗粒数、产量极显著正相关。一次枝梗结实率与穗结实率显著正相关。二次枝梗数与每穗粒数极显著正相关。二次枝梗穗粒数与每穗粒数极显著正相关。

秋光的穗长与有效穗数显著正相关。穗质量与每穗粒数、结实率显著正相关,与千粒质量显著负相关。秋光的一次枝梗穗粒数与每穗粒数极显著正相关,与穗结实率显著正相关,与千粒质量极显著负相

关;一次枝梗结实率与每穗粒数显著正相关,与穗结实率极显著正相关,与千粒质量显著负相关。秋光的二次枝梗数与有效穗数、产量显著正相关;二次枝梗穗粒数与每穗粒数、千粒质量极显著正相关,与结实率显著正相关;二次枝梗结实率与每穗粒数显著正相关,与穗结实率极显著正相关,与千粒质量显著负相关。

## 3 讨论

### 3.1 施氮量对不同株型水稻产量及产量构成因素的影响

氮素是影响水稻产量最活跃的因素,确定合适氮肥用量一直是国内外关注的热点。Wilson<sup>[20]</sup> 等认为适时追施氮肥有利于获得较高的产量。褚清河<sup>[21]</sup> 等研究结果表明在 200 kg/hm<sup>2</sup> 的施氮范围内,随基肥施氮量的增加,水稻产量呈线性或抛物线增高。张满利<sup>[22]</sup> 等研究结果表明水稻产量随施氮量



表 5 产量及产量构成因子与穗部性状的相关系数

Table 5 Correlation coefficients between yield and yield components and panicle traits

品种	项目	穗长	穗质量	一次枝梗			二次枝梗		
				数量	粒数	结实率	数量	粒数	结实率
沈农 07425	有效穗数	0.86 *	0.72	0.23	0.86 *	0.67	0.48	0.41	-0.25
	每穗粒数	0.89 *	0.95 **	0.87 *	0.92 **	0.19	0.94 **	0.98 **	-0.13
	穗结实率	0.50	0.54	-0.12	0.40	0.89 *	0.17	0.21	0.61
	千粒质量	-0.66	-0.29	-0.41	-0.60	-0.38	-0.57	-0.26	0.30
	产量	0.91 *	0.91 *	0.39	0.93 **	0.60	0.60	0.64	-0.15
秋光	有效穗数	0.84 *	0.52	-0.14	0.18	0.62	0.85 *	0.26	0.47
	每穗粒数	-0.33	0.84 *	0.75	0.99 **	0.83 *	0.49	0.99 **	0.89 *
	穗结实率	0.12	0.85 *	0.38	0.86 *	0.99 **	0.65	0.86 *	0.97 **
	千粒质量	0.32	-0.85 *	-0.74	-0.99 **	-0.84 *	-0.51	0.99 **	-0.89 *
	产量	0.70	0.68	-0.09	0.36	0.78	0.84 *	0.44	0.64

\*, \*\* 分别表示在 0.05 和 0.01 水平上显著。

的增加而增加,但增产幅度明显下降,当氮肥施用量为 225 kg/hm<sup>2</sup> 时,水稻可获得较高的产量。徐富贤<sup>[23]</sup> 等分析发现,施氮 90 kg/hm<sup>2</sup> 的经济效果最佳。齐春艳<sup>[24]</sup> 等研究发现水稻品种长白 9 号在盐碱地的最佳施氮量应为 150 kg/hm<sup>2</sup> 左右。本研究发现,在盆钵模拟环境下,随着施氮量的提高,紧凑型沈农 07425 和松散型秋光的产量明显增加,均表现为高氮>中氮>低氮。说明,可以适当增大两品种的氮肥施入量,达到施氮量 375.28 kg/hm<sup>2</sup> 甚至更高。

氮肥对两株型品种有效穗数的影响均达显著水平,品种间差异极显著,有效穗数的大小次序为高氮处理>中氮处理>低氮处理>PK>CK。有效穗数随氮素积累量增加而显著增加,这是中氮处理、高氮处理之所以能达到高产的原因之一,在秋光表现更明显。两株型品种间每穗粒数差异极显著,低氮处理、高氮处理的每穗粒数显著高于中氮处理,说明一般不能通过增施氮肥的方法达到大幅度增加穗粒数的目的,这是因为随着施氮水平的提高,穗数增多,稻穗对营养等物质的争夺加剧,从而使穗粒数难以显著增加,甚至还可能减少。沈农 07425 的结实率各施氮水平下差异不显著;秋光的结实率以高氮处理最高,与磷钾肥对照 PK 差异极显著,与完全不施肥对照 CK 的差异达显著水平;品种间结实率差异达显著水平。施氮水平对两品种千粒质量的影响不显著,两品种间千粒质量差异极显著。

### 3.2 施氮量对不同株型水稻穗部性状的影响

穗部是水稻产量形成的重要部位,不同株型水稻品种的穗部性状存在差异。王嘉宇等<sup>[25]</sup> 的研究指出不同穗型品种不同粒位籽粒灌浆特性差异较大,直立穗型品种不同粒位间的差异最为突出,其中下部二次枝梗籽粒可完全正常充实。刘宛等<sup>[26]</sup> 研究表明,不同穗型水稻穗的光合能力均较弱,可视作非同化器官,但当穗部光照条件变劣时,籽粒成熟率和千粒质量明显下降,且直立穗型品种下降幅度更大<sup>[27]</sup>。本试验结果表明,施氮对 2 种株型水稻品种的穗部性状均产生影响。低氮处理、中氮处理和高氮处理后紧凑型沈农 07425 的穗长、穗质量极显著大于完全不施肥对照 CK 的穗长、穗质量,各处理间一次枝梗数差异不显著。高氮处理下沈农 0745 的一次枝梗穗粒数极显著大于完全不施肥对照的一次枝梗穗粒数,中氮处理下沈农 07425 的一次枝梗结实率显著大于完全不施肥对照。低氮处理、高氮处理后沈农 07425 的二次枝梗数极显著大于中氮和完全不施肥对照,低氮处理的沈农 07425 二次枝梗穗粒数极显著大于中氮和完全不施肥对照。松散型秋光在高氮处理下穗长显著大于完全不施肥对照,各处理间的穗质量、一次枝梗数、一次枝梗穗粒数差异不显著。高氮处理下秋光的一次枝梗结实率极显著大于磷钾肥对照,显著大于完全不施肥对照。低氮、中氮、高氮处理下秋光的二次枝梗数

显著大于完全不施肥对照。各处理的二次枝梗穗粒数差异不显著。高氮处理下秋光的二次枝梗结实率大于其他处理。

由此可见,施氮量对2种株型的水稻品种穗部性状的影响存在差异。紧凑型品种沈农07425较大的穗长、穗质量、一次枝梗穗粒数和二次枝梗数导致了其产量的提高,而松散型秋光穗长、一次枝梗结实率、二次枝梗数和二次枝梗结实率的增大是其增产的主要原因。增加施氮量可以有效地促使水稻分蘖的产生,增加最终成穗数,但相应地伴随着每穗粒数、结实率和千粒质量的下降,产量构成因素的此升彼降影响着产量的最终形成。因此,获得高产必须使各因素间相互协调发展,优化组合。

#### 参考文献:

- [1] 陈爱忠,潘晓华,吴建福,等.施氮量对双季超级稻产量、干物质生产及氮素吸收利用的影响[J].杂交水稻,2011,26(2):58-63.
- [2] 侯立刚,赵国臣,刘亮,等.北方广适型超级稻品种吉粳102高产栽培技术研究[J].安徽农业科学,2008,36(31):13523-13524,13526.
- [3] 姜辉,王秋菊,孟英,等.不同施氮水平对水稻产量、品质的影响[J].中国农学通报,2010,26(14):222-225.
- [4] 詹贵生,付立东.氮肥施入量对水稻新品种桥科951生育及产量的影响[J].现代农业科技,2013(5):14-15.
- [5] AMANE M. Photosynthesis, grain yield, and nitrogen utilization in rice and wheat [J]. Plant Physiology, 2011 (155): 125-129.
- [6] 邹长明,秦道珠,陈福星,等.水稻施肥技术 I 氮肥施用的适宜时期与用量[J].湖南农业大学学报,2000,26(6):467-470.
- [7] 佟彤,付立东.氮肥不同施入量水稻新品种盐粳228产量的影响[J].北方水稻,2012,42(1):16-19.
- [8] 陈广红,付立东,王宇,等.水稻新品种盐粳228配套栽培技术研究[J].辽宁农业科学,2010(3):47-49.
- [9] 朱大伟,王力,郭保卫,等.氮肥运筹对钵苗机插水稻干物质积累和产量及各器官氮素积累的影响[J].江苏农业科学,2015,43(3):46-49.
- [10] 陶伟,阎勇,梁天锋,等.不同施氮量对桂香3号产量及氮肥利用率的影响[J].南方农业学报,2014,45(2):250-254.
- [11] 雷武生,杨宝林,戴金平.不同氮肥运筹对水稻品种越光氮素吸收利用及产量的影响[J].江苏农业科学,2014,42(10):54-56.
- [12] 高士杰.直立穗型水稻的研究Ⅳ直立穗型水稻生育后期物质生产与转运[J].吉林农业科学,2001,26(6):16-19.
- [13] 李雪梅,樊金娟,徐正进.不同穗型水稻品种灌浆期生理特性的差异[J].沈阳农业大学学报,2003,34(5):347-350.
- [14] 金峰,陈书强,李培培,等.直立与弯曲穗型水稻穗上不同部位粒形分布特征[J].沈阳农业大学学报,2008,39(3):279-284.
- [15] 刘柏林,陈书强,董丹,等.水稻株型性状与稻曲病发病程度关系的研究[J].湖北农业科学,2009,48(1):42-46.
- [16] 鲍士旦.土壤农化分析[M].北京:中国农业出版社,2002:159.
- [17] 毛达如.植物营养研究法[M].北京:中国农业大学出版社,2002:8-10.
- [18] 陈温福.北方水稻生产技术问答[M].北京:中国农业出版社,2007:78-80.
- [19] 黄元财,王伯伦,王术,等.施氮量对水稻产量和品质的影响[J].沈阳农业大学学报,2006,37(5):688-692.
- [20] WILSON C E, BOLLIH P K, NORMAN R J. Nitrogen application timing effects on nitrogen efficiency of dry-seeded rice [J]. Soil Science Society of America Journal, 1998, 62(4):959-964.
- [21] 褚清河,潘根兴,李健,等.不同施氮量下北方稻田一次与分次施氮对水稻产量的影响[J].土壤通报,2008,39(1):82-86.
- [22] 张满利,陈盈,隋国民,等.氮肥对水稻产量和氮肥利用率的影响[J].中国农学通报,2010,26(13):230-234.
- [23] 徐富贤,熊洪,张林,等.西南稻区不同地域和施氮水平对杂交中稻氮、磷、钾吸收累积的影响[J].作物学报,2011,37(5):882-894.
- [24] 齐春艳,侯立刚,马巍,等.不同氮肥施入量对盐碱地水稻氮素吸收及产量的影响[J].吉林农业科学,2014,39(6):25-27,42.
- [25] 王嘉宇,范淑秀,徐正进,等.几个不同穗型水稻品种籽粒灌浆特性的研究[J].作物学报,2007,33(8):1366-1371.
- [26] 刘宛,陈温福,徐正进.水稻不同穗型品种穗部的某些生理特性观察[J].植物生理学通讯,2000,36(6):527-530.
- [27] 高士杰,张龙步,陈温福.直立穗型水稻群体小气候环境研究[J].中国农业气象,2000,21(3):23-26.

(责任编辑:陈海霞)