

施氮量和栽插密度对机插武运粳 30 产量形成的影响

王文青¹, 唐青¹, 陈培峰², 董明辉², 顾俊荣²

(1. 江苏省常熟市古里镇农技推广服务中心, 江苏常熟 215533; 2. 苏州市农业科学院, 江苏苏州 215155)

摘要 [目的]研究氮肥用量和栽插密度对机插武运粳 30 产量的影响。[方法]以武运粳 30 为材料, 通过设置 4 个施氮量水平(纯 N 225、270、315、360 kg/hm²)及 3 个栽插密度水平(株行距 12 cm×30 cm、14 cm×30 cm、16 cm×30 cm)试验, 研究施氮量和栽插密度对武运粳 30 产量及其构成因素、干物质积累、成穗率等的影响。[结果]随着施氮量的增加, 单位面积穗数增加, 但每穗粒数和结实率逐渐降低, 施氮量在 270 kg/hm² 条件下, 产量最高, 显著高于施氮量 225 和 360 kg/hm² 处理。增加施氮量能显著增加武运粳 30 抽穗期和成熟期干物质积累量, 但氮肥过多无效分蘖增多, 成穗率下降。栽插密度对产量及构成因素的影响表现为随着栽插密度变小, 有效穗数降低, 而穗粒数和千粒重增高, 在株行距为 14 cm×30 cm 条件和 12 cm×30 cm 条件下产量差异不明显, 但高于 16 cm×30 cm 条件。[结论]在施氮量 275 kg/hm² 和株行距 14 cm×30 cm 的组合下产量和干物质积累量最大, 可充分发挥武运粳 30 的产量潜力。

关键词 武运粳 30; 施氮量; 栽插密度; 产量形成

中图分类号 S511 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2017)20-0049-04

Effects of Nitrogen Rates and Transplanting Densities on Yield Formation of Machine-transplanting Wuyunjing 30

WANG Wen-qing¹, TANG Qing¹, CHEN Pei-feng² et al (1. Agricultural Extension Service Center of Guli Town of Changshu City, Jiangsu Province, Changshu, Jiangsu 215533; 2. Suzhou Academy of Agricultural Sciences, Suzhou, Jiangsu 215155)

Abstract [Objective] To investigate the effects of nitrogen rates and transplanting densities on yield formation of machine-transplanting Wuyunjing 30. [Method] A field experiment was conducted to study the effects of nitrogen rates and transplanting densities on yield, yield component factors, dry matter accumulation and spike rate, and so on with four nitrogen rates (N of 225, 270, 315, 360 kg/hm²) and three transplanting densities (planting spacing of 12 cm×30 cm, 14 cm×30 cm, 16 cm×30 cm) by using Wuyunjing 30 as material. [Result] With the increase of nitrogen application rate, the number of panicles per unit area increased, but the grain number per spike and seed setting rate decreased gradually. Yield was the highest when the nitrogen application rate was 270 kg/hm², which was significantly higher than that of 225 kg/hm² and 360 kg/hm² treatments. Nitrogen application significantly increased dry matter accumulation at heading and maturity period, but too much nitrogen made ineffective tiller increased, spike rate decreased. As the transplanting density became smaller, the effective panicle decreased, while grain number and grain weight increased. There were no significant differences between planting spacing of 12 cm×30 cm and 14 cm×30 cm on yield, but both were significantly higher than that of 16 cm×30 cm. [Conclusion] The N of 275 kg/hm², planting spacing of 14 cm×30 cm could give full play to the yield potential of Wuyunjing 30.

Key words Wuyunjing 30; Nitrogen rates; Transplanting densities; Yield formation

我国是世界上最大的稻米生产国和消费国, 水稻常年播种面积约占全国粮食作物总面积的 30%, 随着高产品种的不断更新和稻作技术的进步, 产量水平不断攀升, 实现了“十二连增”, 为粮食安全发挥了积极作用^[1-2]。随着农村劳动力向城镇转移, 以家庭农场、专业合作社、农业园区为代表的规模化、机械化生产得到快速发展, 水稻生产方式发生巨大变革。同时, 一直以来“大肥大药”追求高产量, 致使稻田土壤地力下降、板结和酸化, 环境污染和生态平衡破坏, 严重威胁着我国水稻可持续生产和农业生态环境安全。近年来, 围绕水稻不同栽培方式开展了大量的因种栽培技术研究^[3-6], 取得了较好的研究进展, 为水稻绿色增产增效技术模式的建立提供了技术支撑。

武运粳 30 是由江苏武进水稻研究所杂交选育而成的早熟晚粳稻品种^[7], 2015 年以来在江苏太湖地区进行机插种植示范推广, 表现出丰产稳产性好, 增产潜力大, 大面积产量 9 750 kg/hm² 左右, 高产田块在 10 500 kg/hm² 以上。为进一步配合生产推广与应用, 从施氮水平、栽插密度等对武运粳 30 产量等的影响方面进行了研究, 旨在为大面积生产优质高

产栽培提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 试验地点及供试材料 试验于 2016 年在常熟古里镇坞坵村现代农业示范园内进行, 试验地土壤肥力中等, 在不施肥条件下的基础地力水平为 5 750 kg/hm², 前茬作物为小麦; 供试材料为武运粳 30。

1.2 试验设计 试验设 2 个因素, N 因素为氮肥用量, M 因素为栽插密度, 裂区设计。其中 N 因素为主区, 设 225、270、315、360 kg/hm² 共 4 个施氮水平, 分别以 N₁、N₂、N₃、N₄ 表示; M 因素为副区, 设株行距 12 cm×30 cm (28 万穴/hm²)、14 cm×30 cm (24 万穴/hm²)、16 cm×30 cm (20 万穴/hm²) 3 个水平, 分别以 M₁、M₂、M₃ 表示。其中氮肥施用比例为基肥: 蘖肥: 穗肥 = 3: 3: 4, 穗肥分别在倒 4 叶和倒 2 叶时分 2 次施入, 比例为 5: 5。全生育期氮: 磷: 钾肥比例为 1.0: 0.3: 0.5。为保证各小区单独排灌, 每小区做埂隔离, 用塑料薄膜覆盖埂体, 小区 30 m×6 m, 面积 180 m², 每处理重复 3 次。采用机插软盘育秧, 于 5 月 25 日播种, 6 月 12 日机插移栽, 每穴 4~5 苗。其他管理措施统一按照常规栽培要求实施。

1.3 测定指标及方法

1.3.1 干物质积累量和成穗率。在栽后 14 d 考察茎蘖动态, 每小区定 20 穴苗, 每隔 7 d 考察 1 次直至抽穗期。在分蘖期、拔节期、抽穗期和成熟期取平均穗数的 3 穴苗将主茎

基金项目 江苏省农业三新工程项目(SXGC[2016]088)。

作者简介 王文青(1973—), 男, 江苏常熟人, 高级农艺师, 从事稻麦高产优质栽培技术研究与示范推广工作。

收稿日期 2017-05-15

穗、叶、茎鞘分开,分别装于牛皮纸袋中,先在 105 °C 恒温烘箱中杀青 60 min,而后在 80 °C 中烘干称重。

1.3.2 产量及其构成因素。成熟期每小区调查 50 穴,计算单位面积有效穗数,按平均穗数取样法取 3 穴,考察空瘪粒数、千粒重、总重,计算每穗粒数、结实率及理论产量。

1.4 数据分析 试验数据均用 Microsoft Excel 2003 和 DPS (Data Processing System) 进行处理和统计分析。

2 结果与分析

2.1 施氮量与栽插密度对干物质生产的影响 由表 1 可知,随着施氮量增加,分蘖期和拔节期干物质积累量呈逐渐增加的趋势,高氮处理(N₄)干物质积累量显著高于中低氮处理(N₁ 和 N₂),但在抽穗期和成熟期高氮处理干物质积累量比 N₃ 处理略有下降。进一步分析表明,在 N₂ 处理下抽穗至

成熟期干物质积累量最高,达 7.75 t/hm²,其次是 N₃ 处理,达 7.45 t/hm²,N₁ 处理最低,为 6.95 t/hm²,说明抽穗后的干物质积累是决定产量的主要因素,增加施氮量能显著增加武运粳 30 抽穗期和成熟期干物质积累量,但过量施氮,使群体生长过旺,田间通风透光条件差,影响了抽穗后的干物质积累。栽插密度对干物质生产量的影响表现为随着栽插密度的增加,抽穗期的干物质积累量增加,但成熟期干物质积累量和抽穗至成熟期干物质积累量均以 M₂ 处理最高,密度过高不利于高产的形成。氮肥用量和栽插密度的互作效应表明,成熟期干物质积累量以 N₃M₁ 处理最大,为 20.31 t/hm²,抽穗期干物质积累量以 N₁M₃ 处理最小,为 10.22 t/hm²,成熟期干物质积累量以 N₁M₁ 处理最小,为 16.91 t/hm²,抽穗至成熟期干物质积累量以 N₂M₂ 处理最高,为 7.99 t/hm²。

表 1 施氮量与栽插密度对干物质积累量及经济系数的影响

Table 1 Effect of nitrogen rates and transplanting densities on dry matter accumulation and economic coefficient

氮肥用量 Nitrogen rates	栽插密度 Transplanting densities	不同时期干物质积累量 Dry matter accumulation of different period//t/hm ²				经济系数 Economic coefficient
		分蘖期 Tillering stage	拔节期 Jointing stage	抽穗期 Heading stage	成熟期 Mature stage	
N ₁	M ₁	0.55	3.53	10.64	16.91	0.55
	M ₂	0.52	3.35	10.28	17.65	0.57
	M ₃	0.46	3.20	10.22	17.42	0.52
N ₂	M ₁	0.62	3.63	10.96	18.47	0.53
	M ₂	0.57	3.48	10.78	18.77	0.57
	M ₃	0.56	3.41	10.49	18.23	0.53
N ₃	M ₁	0.65	4.02	12.92	20.31	0.51
	M ₂	0.61	3.75	12.35	19.97	0.52
	M ₃	0.59	3.65	12.16	19.48	0.49
N ₄	M ₁	0.73	4.09	12.58	19.72	0.50
	M ₂	0.67	3.95	12.41	19.52	0.52
	M ₃	0.64	3.83	12.18	19.22	0.47
	N ₁	0.51 cB	3.36 bB	10.38 cB	17.33 dC	0.55 aA
	N ₂	0.58 bB	3.51 bB	10.74 bB	18.49 cB	0.54 aA
	N ₃	0.62 bAB	3.81 aA	12.47 aA	19.92 aA	0.51 bB
	N ₄	0.68 aA	3.96 aA	12.39 aA	19.48 bA	0.50 bB
	M ₁	0.64 aA	3.82 aA	11.77 aA	18.85 aAB	0.52 aA
	M ₂	0.59 bB	3.63 bB	11.46 bAB	18.98 aA	0.55 aA
	M ₃	0.56 bB	3.52 bB	11.26 cB	18.59 bB	0.50 bB
	F 值					
	N	16.06 **	6.79 **	29.29 **	45.72 **	6.93 **
	M	9.12 **	8.63 **	12.36 **	22.63 **	12.44 **
	N × M	0.16	0.29	2.98 **	5.01 **	0.29

注:小写字母不同表示差异显著(P < 0.05),大写字母不同表示差异极显著(P < 0.01)

Note: Different small letters mean significant differences (P < 0.05), different capital letters mean extremely significant differences (P < 0.01)

2.2 施氮量与栽插密度对茎蘖成穗率的影响 由表 2 可知,随施氮量和栽插密度增加,高峰苗增加,分蘖率增加,而成穗率降低,说明增加氮肥和栽插密度能促进分蘖,但同时使无效分蘖增多,导致成穗率下降。

2.3 施氮量与栽插密度对产量构成因素的影响 从表 3 可以看出,氮肥用量对有效穗数、每穗粒数、结实率、千粒重均有显著影响,随着施氮量的增加,有效穗数增加,每穗粒数先增后降,结实率和千粒重下降。栽插密度对产量构成因素的影响表现为栽插密度越小,穗粒数和千粒重越高,而有效穗数越低,在高密度和中等密度(株行距 12 cm × 30 cm 和

14 cm × 30 cm)栽培下具有较高的有效穗是产量显著高于低密度栽插的主要原因。

2.4 施氮量与栽插密度对产量的影响 由表 4 可知,随着施氮量的增加,武运粳 30 产量先增加后降低,在施纯氮 270 kg/hm² (N₂) 时产量最高,显著高于施纯氮 225 kg/hm² (N₁) 和施纯氮 360 kg/hm² (N₄) 处理,施纯氮 270 kg/hm² (N₂) 和 315 kg/hm² (N₃) 处理的产量差异不显著,说明在该试验条件下,较适宜的施氮水平是 270 kg/hm²。在此基础上增施氮肥,会使武运粳 30 产量下降。在株行距为 14 cm × 30 cm (M₂) 时,产量最高,显著高于株行距为 16 cm × 30 cm

处理 (M_3), 密度过大会产生明显的负效应。方差分析结果表明, 氮肥用量和栽插密度及其互作效应对武运 30 产量的影响均达极显著水平。在施纯氮 $270 \text{ kg}/\text{hm}^2$ (N_2), 株行距为

$14 \text{ cm} \times 30 \text{ cm}$ (M_2) 时产量最高, 达 $10\,742.56 \text{ kg}/\text{hm}^2$, 在施纯氮 $225 \text{ kg}/\text{hm}^2$ (N_1), 株行距为 $16 \text{ cm} \times 30 \text{ cm}$ (M_3) 时产量最低, 为 $8\,907.59 \text{ kg}/\text{hm}^2$, 2 个处理产量相差 $1\,834.97 \text{ kg}/\text{hm}^2$ 。

表 2 施氮量与栽插密度对茎蘖成穗率的影响

Table 2 Effects of nitrogen rates and transplanting densities on effective ear percentage

氮肥用量 Nitrogen rates	栽插密度 Transplanting densities	基本苗 Basic seedling $\times 10^4$ 个/ hm^2	高峰苗 Peak seedling $\times 10^4$ 个/ hm^2	分蘖率 Tillering rate %	成穗率 Effective ear percentage//%
N_1	M_1	111.43	386.34	246.71	69.13
	M_2	93.54	359.77	284.62	73.43
	M_3	80.54	356.42	342.54	69.69
N_2	M_1	112.43	403.19	258.61	74.88
	M_2	92.32	380.20	311.83	74.70
	M_3	81.32	382.66	370.56	70.23
N_3	M_1	115.76	448.24	287.21	67.07
	M_2	93.56	423.58	352.74	68.74
	M_3	77.43	411.29	431.18	67.11
N_4	M_1	113.86	456.08	300.56	67.44
	M_2	96.32	438.65	355.41	65.06
	M_3	75.54	448.67	493.95	61.91
F 值	N_1	95.17 aA	367.51 bB	291.29 dC	70.75 bAB
	N_2	95.36 aA	388.68 bB	313.67 cC	73.27 aA
	N_3	95.58 aA	427.70 aAB	357.04 bB	67.64 cBC
	N_4	95.24 aA	447.80 aA	383.31 aA	64.80 dC
	M_1	113.37 aA	423.46 aA	273.28 cC	69.63 aAB
	M_2	93.94 bB	400.55 bB	326.15 bB	70.48 aA
	M_3	78.71 cC	399.76 bB	409.56 aA	67.24 bB
F 值	N	0.29	5.98**	134.53**	12.67**
	M	123.98**	3.59*	245.92**	8.52**
	$N \times M$	0.08	0.54	0.38	0.96

注:小写字母不同表示差异显著($P < 0.05$),大写字母不同表示差异极显著($P < 0.01$)

Note: Different small letters mean significant differences ($P < 0.05$), different capital letters mean extremely significant differences ($P < 0.01$)

表 3 施氮量与栽插密度对产量构成因素的影响

Table 3 Effects of nitrogen rates and transplanting densities on yield components

氮肥用量 Nitrogen rates	栽插密度 Transplanting densities	有效穗数 Effective panicle number $\times 10^4$ 个/ hm^2	每穗粒数 Grain number per panicle	结实率 Seed setting rate//%	千粒重 1000-grain weight//g
N_1	M_1	291.13	123.17	93.08	27.84
	M_2	278.00	128.12	93.26	27.39
	M_3	261.59	132.89	93.45	27.42
N_2	M_1	317.78	129.72	92.81	27.79
	M_2	298.93	140.30	92.47	27.70
	M_3	282.91	141.29	90.01	26.99
N_3	M_1	315.61	130.50	92.78	26.93
	M_2	306.20	135.03	91.60	27.26
	M_3	290.54	132.10	90.95	27.25
N_4	M_1	323.57	119.69	90.71	26.72
	M_2	300.41	127.12	91.22	27.41
	M_3	292.46	134.50	91.74	27.29
F 值	N_1	251.74 bB	140.87 cB	93.26 aA	27.55 aA
	N_2	272.61 aA	150.81 aA	91.76 bB	27.49 aA
	N_3	276.47 aA	145.79 bAB	91.78 bB	27.15 bB
	N_4	277.71 aA	139.81 cB	91.22 bB	27.14 bB
	M_1	283.65 aA	138.35 cB	91.54 bB	27.24 aA
	M_2	268.99 bB	145.90 bAB	92.14 abAB	27.44 aA
	M_3	247.16 cC	156.42 aA	92.35 aA	27.32 aA
F 值	N	30.36**	5.27**	8.64**	11.42**
	M	52.14**	18.35**	4.75**	1.16
	$N \times M$	0.11	2.30*	0.69	5.72**

注:小写字母不同表示差异显著($P < 0.05$),大写字母不同表示差异极显著($P < 0.01$)

Note: Different small letters mean significant differences ($P < 0.05$), different capital letters mean extremely significant differences ($P < 0.01$)

表4 施氮量与栽插密度对产量的影响

Table 4 Effects of nitrogen rates and transplanting densities on yield

kg/hm²

栽插密度 Transplanting densities	氮肥用量 Nitrogen rates				平均 Average
	N ₁	N ₂	N ₃	N ₄	
M ₁	9 292.18	10 632.05	10 290.87	9 386.80	9 900.47 aA
M ₂	9 098.07	10 742.56	10 324.21	9 548.33	9 928.29 aA
M ₃	8 907.59	9 710.76	9 512.13	9 848.07	9 494.64 bB
平均 average	9 099.28 cC	10 361.79 aA	10 042.40 aAB	9 594.40 bBC	9 774.47

注:小写字母不同表示差异显著($P < 0.05$),大写字母不同表示差异极显著($P < 0.01$)

Note: Different small letters mean significant differences ($P < 0.05$), different capital letters mean extremely significant differences ($P < 0.01$)

3 小结与讨论

氮肥用量和栽插密度是影响水稻生长发育的主要因素,适当的氮肥用量和栽插密度可以有效改善群体结构,促进物质积累与转运,提高产量水平^[8-9]。由于品种特性和栽培方式的不同,各水稻品种适宜的氮肥用量和栽插密度水平不尽相同,因此开展不同品种不同种植方式下的密肥试验研究对提高品种的产量潜力、提高肥料利用率意义重大。该研究表明,在氮肥用量0~270 kg/hm²范围内增施氮肥,有效地促进了水稻的生长,前期增加有效分蘖的发生,获得适宜的穗数,促进颖花的分化和大穗的形成,提高抽穗至成熟期的干物质积累量。然而在高氮肥水平下(360 kg/hm²),水稻贪青徒长,无效分蘖和低效分蘖也随之增多,成穗率下降,导致抽穗至成熟期的干物质积累量也显著降低,不利于植株干物质向籽粒转运,造成结实率和千粒重降低,影响产量构成因素协调发展,不利于水稻高产的形成,同时肥料利用率低,污染农田生态环境。不同栽插密度条件下,水稻由于群体起点不同,对温光水肥等资源利用不同,必然会对植株生长产生一定的影响,最终影响产量^[10-11]。该试验条件下,低密度(株行距16 cm×30 cm)栽培植株间光合作用最强,每穗粒数和结实率较多,然而群体密度低,有效穗数较少,干物质积累量较低,不利于水稻高产的形成;在高密度和中等密度(株行距12 cm×30 cm和14 cm×30 cm)栽培下,群体密度高,有效穗数较高,植株光合作用较强,使得干物质积累较大,因此产

量较高。

综上所述,考虑到生产成本的因素,在施氮量275 kg/hm²与株行距14 cm×30 cm的组合(M₂N₂)下产量和干物质积累量最大,该组合是实现武运粳30高产栽培的最优组合。

参考文献

- [1] 王宏广. 中国粮食安全研究[M]. 北京: 中国农业出版社, 2005.
- [2] NORTON G W. Ending hunger in our lifetime: Food security and globalization[J]. *Agricultural economics*, 2005, 32(3): 329-330.
- [3] 田智慧, 潘晓华. 氮肥运筹及密度对超高产水稻中优752的产量及产量构成因素的影响[J]. *江西农业大学学报*, 2007, 29(6): 894-898.
- [4] 杨东, 游晴如, 谢鸿光, 等. 氮肥水平对超级稻Ⅱ优航1号生长中后期生理生化特性的影响[J]. *江西农业大学学报*, 2008, 30(11): 7-10.
- [5] 张耀鸿, 张亚丽, 黄启为, 等. 不同氮肥水平下水稻产量以及氮素吸收、利用的基因型差异比较[J]. *植物营养与肥料学报*, 2006, 12(5): 616-621.
- [6] 乔中英, 陈培峰, 顾俊荣, 等. 氮肥运筹与栽插密度对粳粳杂交稻甬优1538产量形成和米质的影响[J]. *西南农业学报*, 2016, 29(9): 2068-2073.
- [7] 徐晓杰, 朱邦辉, 徐玉峰, 等. 优质粳稻新品种“武运粳30号”的选育及高产栽培技术[J]. *上海农业科技*, 2014(6): 41, 34.
- [8] 吴文革, 张四海, 赵决建, 等. 氮肥运筹模式对双季稻北缘水稻氮素吸收利用及产量的影响[J]. *植物营养与肥料学报*, 2007, 13(5): 757-764.
- [9] 陈海飞, 冯洋, 蔡红梅, 等. 氮肥与移栽密度互作对低产田水稻群体结构及产量的影响[J]. *植物营养与肥料学报*, 2014, 20(6): 1319-1328.
- [10] 林洪鑫, 潘晓华, 石庆华, 等. 行株距配置对超高产早晚稻产量的影响[J]. *中国水稻科学*, 2011, 25(1): 79-85.
- [11] 贺阳冬, 童平, 马均, 等. 三角形强化栽培条件下移栽秧龄和密度对杂交稻Ⅱ优498结实期生理和产量的影响[J]. *中国水稻科学*, 2011, 25(5): 508-514.
- [12] 比较分析[J]. *农业科技通讯*, 2010(5): 58-60.
- [13] 李德全, 赵会杰, 高辉远, 等. 植物生理学[M]. 北京: 中国农业科技出版社, 1999.
- [14] 王树安. 作物栽培学各论[M]. 北京: 中国农业出版社, 1995: 9-40.
- [15] 张永科, 孙茂, 张雪君, 等. 玉米密植和营养改良之研究. 1: 密度对玉米产量和营养的效应[J]. *玉米科学*, 2005, 13(3): 87-90.
- [16] 李波. 北方春玉米区早熟玉米品种主要农艺性状与产量相关的研究[J]. *黑龙江农业科学*, 2005(1): 29-31.
- [17] 盖均镒. 试验统计方法[M]. 北京: 中国农业出版社, 1999.
- [18] 苏祯祿. 夏玉米亩产650~700kg技术指标[C]//黄淮海玉米高产文集. 杨凌: 天则出版社, 1990.

(上接第48页)

淘汰,综上所述,糯7的产量稳定,且无任何的病害威胁,是优良的组合,可以进行下一步的区试试验,剩下的其余组合,无太大的偏差,可以进一步调查研究决定能否进行下面的试验。

参考文献

- [1] 梁晓玲, 阿布来提, 冯国俊, 等. 玉米杂交种的产量比较及主要农艺性状的相关和通径分析[J]. *玉米科学*, 2001, 9(1): 16-20.
- [2] 秦贵文, 梅兹君, 苏玉杰, 等. 不同玉米品种农艺性状与产量相关性的

本刊提示 参考文献只列主要的、公开发表的文献,序号按文中出现先后编排。著录格式(含标点)如下:(1)期刊——作者(不超过3人者全部写出,超过者只写前3位,后加“等”)。文章题名[J]。期刊名,年份,卷(期):起止页码。(2)图书——编著者.书名[M]。版次(第一版不写)。出版地:出版者,出版年:起止页码。(3)论文集——析出文献作者.题名[C]//。主编.论文集名.出版地:出版者,出版年:起止页码。