

# 氮肥运筹对滨海稻区钵苗机插水稻生长发育及产量的影响

吕小红 付立东 王宇 隋鑫 任海 李旭 杜萌 马畅

(辽宁省盐碱地利用研究所, 辽宁 盘锦 124010; 第一作者: lvxiaohong1214@126.com)

**摘 要:**以滨海稻区代表性水稻品种盐丰 47 为材料, 比较研究了不同氮肥运筹方式对钵苗机插水稻茎蘖动态、叶面积指数、干物质积累、光合速率、产量及其构成因素等的影响。结果表明, 在仅施用速效肥料的前提下, 氮素中基肥、一次蘖肥、二次蘖肥、一次穗肥、二次穗肥比例为 40:12:18:16:14 时, 盐丰 47 的收获穗数、叶面积指数、高效叶面积率、有效叶面积率、干物质积累量、收获指数、光合速率较高, 从而获得较高的产量。

**关键词:**氮肥; 钵苗机插水稻; 生长发育; 产量

**中图分类号:**S511.062 **文献标识码:**A **文章编号:**1006-8082(2018)01-0092-04

氮素影响着水稻的生长发育和产量形成。合理的氮肥运筹有利于提高水稻产量和氮肥利用效率, 有利于改善稻米品质<sup>[1-2]</sup>。国内外学者对氮肥的合理运筹开展了许多研究<sup>[3-8]</sup>, 但多集中于水稻的常规手插或毯苗机插, 针对滨海稻区钵苗机插条件下超级稻的氮肥精确运筹研究报道较少。与毯苗机插相比, 钵苗机插技术具有秧苗素质高、秧龄弹性大、插后植伤轻、活棵发苗快、抽穗后群体光合势高、产量潜力高等特点<sup>[9-12]</sup>, 实现了长秧龄秧苗的机械化有序精确无植伤栽植, 集水稻抛秧和机插优势于一体, 是我国水稻种植机械化的一种重要途径, 是稻作生产方式上的重大进步<sup>[13-14]</sup>。因此, 如何通过氮肥运筹充分发挥钵苗机插水稻的产量优势, 有必要深入研究。本研究以滨海稻区代表性水稻品种盐丰 47 为材料, 研究了不同氮肥运筹方式对钵苗机插水稻群体生长发育及产量的影响, 旨在为滨海稻区钵苗机插水稻氮肥的合理施用提供理论依据和技术指导, 进一步完善钵苗机插水稻高产高效栽培技术。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

试验于 2015 年在辽宁省盐碱地利用研究所试验基地进行, 耕层土壤(0~15 cm)含有机质 2.10 g/kg、全氮 0.09 g/kg、碱解氮 51.35 mg/kg、速效磷 55.61 mg/kg、速效钾 229.52 mg/kg、全盐 0.20 g/kg、pH 值 7.95。

供试品种为盐丰 47。该品种抗性强, 耐盐碱达 2 级标准, 耐肥、耐低温, 米质优良、食味佳, 米质主要指标达部颁优质稻 2 级标准。

供试肥料为尿素(含 46% N)、过磷酸钙(含 12%  $P_2O_5$ )和硫酸钾(含 50%  $K_2O$ )。

### 1.2 试验设计

试验设 5 个处理: K1, 氮素基肥、一次蘖肥、二次蘖肥、一次穗肥、二次穗肥比为 40:8:12:21:19 (下同); K2, 40:12:18:16:14; K3, 40:16:24:11:9; K4, 40:20:30:6:4; CK, 不施肥。每个处理 3 次重复, 随机排列。各处理施用氮肥(纯 N)240 kg/hm<sup>2</sup>、磷肥( $P_2O_5$ )105 kg/hm<sup>2</sup>、钾肥( $K_2O$ )45 kg/hm<sup>2</sup>, 其中, 氮肥按上述处理比例施入, 磷肥全部作基肥, 钾肥 70%作基肥、30%作一次分蘖肥。小区长 10 m、宽 3.6 m。CK 处理水耙地后、移栽前采用塑料波纹板分隔, 其他处理机械移栽后采用塑料波纹板分隔。

4 月 15 日采用久保田 SR-501C 播种机播种, 每盘播干种 100 g。育秧钵盘为 18 行钵式毯状秧盘, 规格为 60 cm×30 cm×3 cm (外径长度×宽度×高度), 每盘 648 个钵孔, 钵深 0.8 cm。5 月 20 日机械移栽, 行穴距 30 cm×(16~18) cm, 基本苗数为 4~5 株/穴, 配套插秧机械为久保田 2ZS-4(SPW-48C) 手扶插秧机。其他栽培管理措施同大面积生产田。

收稿日期: 2017-08-18

**基金项目:**耐盐高产优质水稻高效栽培技术示范推广(GCNT-LN-16); 环渤海辽宁增粮技术集成与示范(2013BAD05B07); 辽宁省博士科研启动基金(20141169); 辽宁省水稻产业重大农技推广服务试点项目

表 1 氮肥运筹对钵苗机插水稻茎蘖的影响

处理	移栽期 (万/hm <sup>2</sup> )	N-n 期 (万/hm <sup>2</sup> )	拔节期 (万/hm <sup>2</sup> )	齐穗期 (万/hm <sup>2</sup> )	成熟期 (万/hm <sup>2</sup> )	成穗率 (%)
K1	79.80 aA	431.55 bB	484.17 cC	397.80 cC	358.72 bB	74.09 aA
K2	79.80 aA	445.05 aA	514.88 aA	414.30 aA	368.82 aA	71.63 aA
K3	79.80 aA	434.55 bB	498.91 bB	404.55 bB	365.68 aA	73.30 aA
K4	79.80 aA	415.95 cC	483.77 cC	389.40 dD	352.17 cB	72.80 aA
CK	79.80 aA	294.75 dD	312.57 dD	279.45 eE	229.49 dC	73.42 aA

同列数据后不同小、大写字母分别表示在 0.05 和 0.01 水平差异显著。下同。

表 2 氮肥运筹对钵苗机插水稻叶面积指数的影响

处理	移栽期	(N-n)期	拔节期	齐穗期					
	LAI	LAI	LAI	高效 LAI	低效 LAI	无效 LAI	LAI	高效叶面积率(%)	有效叶面积率(%)
K1	0.05 aA	1.91 cC	4.16 bB	4.10 bB	1.23 cC	0.35 bB	5.68 bB	72.18 cB	93.84 cC
K2	0.05 aA	2.03 aA	4.42 aA	4.40 aA	1.35 aA	0.25 dD	6.00 aA	73.33 aA	95.83 aA
K3	0.05 aA	1.97 bB	4.40 aA	4.11 bB	1.27 bB	0.30 cC	5.68 bB	72.36 bB	94.72 bB
K4	0.05 aA	1.89 cC	4.08 cB	4.00 cB	1.12 dD	0.42 aA	5.54 cB	72.20 cB	92.42 dD
CK	0.05 aA	0.82 dD	2.49 dC	1.84 dC	0.63 eE	0.21 eE	2.68 dC	68.66 dC	92.16 eE

表 3 氮肥运筹对钵苗机插水稻干物质积累的影响

处理	移栽期 (t/hm <sup>2</sup> )	N-n 期 (t/hm <sup>2</sup> )	拔节期 (t/hm <sup>2</sup> )	齐穗期 (t/hm <sup>2</sup> )	成熟期 (t/hm <sup>2</sup> )	收获指数
K1	0.0159 aA	1.1520 bB	5.5363 bB	10.6770 aA	18.6120 bB	0.5603 cC
K2	0.0159 aA	1.2145 aA	6.4490 aA	10.6942 aA	19.4096 aA	0.5661 aA
K3	0.0159 aA	1.2111 aA	6.3969 aA	10.6796 aA	18.7190 bB	0.5618 bB
K4	0.0159 aA	1.0338 cC	4.9793 cC	10.5848 aA	18.0019 cC	0.5587 dD
CK	0.0159 aA	0.5610 dD	2.6654 dD	6.4534 bB	11.4117 dD	0.5492 eE

1.3 测定内容与方法

1.3.1 茎蘖动态

每个处理设 3 个调查点,分别在 N-n 期、拔节期、齐穗期、成熟期进行调查。

1.3.2 叶面积指数

移栽期(苗床 100 cm<sup>2</sup>)、N-n 期、拔节期、齐穗期,每小区取 2 丛有代表性的植株,调查各处理叶面积。并在水稻齐穗期分株测定各处理植株的无效叶面积、高效叶面积和低效叶面积。

1.3.3 干物质积累

调查水稻 N-n 期、拔节期、齐穗期、成熟期的群体干物质量,成熟期测定谷粒、茎秆干物质量。样品先于 105℃条件下杀青 30 min,然后在 85℃下烘干至恒重。

1.3.4 光合效应

于齐穗期用 LI-6400 光合仪测定各处理剑叶光合速率、气孔导度、胞间 CO<sub>2</sub> 浓度、蒸腾速率。测定时间 9:00-11:00,测定剑叶叶片中部,每个处理重复测定 15~20 次。

1.3.5 产量构成

在成熟期每小区选取具有代表性的植株 5 丛,调查每丛平均穗数,室内考种,测定穗粒数、结实率、千粒

重,计算产量。

1.4 数据分析

应用 Excel 和 DPS 数据处理系统进行分析。

2 结果与分析

2.1 对钵苗机插水稻茎蘖动态的影响

由表 1 可知,各处理水稻茎蘖数随着生育进程的推进呈现先增加后减少的趋势,且均在拔节期达到最大;N-n 期、拔节期、齐穗期、成熟期各处理茎蘖数均以 K2 处理最高,其次为 K3、K1、K4、CK;成熟期单位面积收获穗数以 K2 处理最高,略高于 K3,极显著高于 K1、K4 和 CK;成穗率以 K1、K3 处理较高,达到 73.00%左右。

2.2 对钵苗机插水稻叶面积指数的影响

由表 2 可知,N-n 期、拔节期、齐穗期各 LAI 以 K2 处理最高,其次为 K3、K1、K4 和 CK,K2 处理齐穗期 LAI 达到 6.00,分别比 K1、K3、K4、CK 提高 5.63%、5.63%、8.30%、123.88%;K2 处理的高效叶面积率、有效叶面积率均极显著高于其他处理。

2.3 对钵苗机插水稻干物质积累的影响

由表 3 可知,N-n 期、拔节期、齐穗期与成熟期各

表 4 氮肥运筹对钵苗机插水稻光合效应的影响

处理	净光合速率 [ $\mu\text{mol}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$ ]	气孔导度 [ $\text{mol}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$ ]	胞间 $\text{CO}_2$ 浓度 ( $\mu\text{mol}/\text{mol}$ )	蒸腾速率 [ $\text{mmol}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$ ]
K1	13.99 aAB	1.01 aA	329.54 aA	3.98 aAB
K2	14.67 aA	0.82 bB	317.86 abA	3.65 bB
K3	14.12 aA	0.44 dD	298.54 bA	3.83 abAB
K4	12.63 bBC	0.69 cC	323.61 aA	2.86 cC
CK	12.17 bC	0.40 dD	297.57 bA	4.05 aA

表 5 氮肥运筹对钵苗机插水稻产量的影响

处理	收获穗数 (万/hm <sup>2</sup> )	颖花量 (10 <sup>6</sup> /hm <sup>2</sup> )	实粒数 (粒/穗)	结实率 (%)	千粒重 (g)	产量 (t/hm <sup>2</sup> )
K1	358.72±14.83 bB	415.22±17.17 cC	110.54±4.57 cC	95.50±3.95 aA	26.3±1.09 cC	10.22±0.42 bB
K2	368.82±15.25 aA	463.22±19.15 aA	113.06±4.68 aA	90.02±3.72 dD	26.4±1.09 bB	10.79±0.42 aA
K3	365.68±15.12 aA	438.58±18.13 bB	112.33±4.64 bB	93.66±3.87 cC	25.6±1.06 eE	10.32±0.40 bB
K4	352.17±14.56 cB	414.32±17.13 cC	110.26±4.56 cC	93.72±3.87 cC	25.9±1.07 dD	9.78±0.38 cC
CK	229.49±9.49 dC	249.38±10.31 dD	103.06±4.26 dD	94.84±3.92 bB	26.5±1.09 aA	6.02±0.24 dD

处理干物质积累量以 K2 最高, 其次为 K3、K1、K4 和 CK, K2 处理成熟期干物质积累量分别比 K1、K3、K4、CK 提高 4.29%、3.69%、7.82%、70.09%; K2 处理的收获指数亦最高, 达到 0.5661。

2.4 对钵苗机插水稻光合效应的影响

由表 4 可知, 齐穗期净光合速率以 K2 处理最高, 分别较 K3、K1、K4、CK 高 3.90%、4.86%、16.15%、20.54%, 与 K4、CK 处理相比差异达极显著水平; 气孔导度以 K1、K2 处理较高, 与其他处理相比差异极显著; 胞间  $\text{CO}_2$  浓度以 K1、K4 处理较高, 与 K3、CK 处理相比差异达到显著水平, K2 处理胞间  $\text{CO}_2$  浓度略大于 K3、CK 处理; 各施氮处理蒸腾速率均小于 CK 处理, 呈现  $K1>K3>K2>K4$  的规律。

2.5 对钵苗机插水稻产量的影响

由表 5 可知, 各处理的收获穗数、颖花量及每穗实粒数均以 K2 处理最大, 其次为 K3、K1、K4 和 CK; 结实率以 K1 处理最大, 极显著高于其他处理; 各处理间的千粒重差异极显著, CK 的千粒重最大; K2 处理产量最高, 极显著高于其他处理, 分别比 K1、K3、K4、CK 高 5.58%、4.55%、10.33%、79.24%。

3 讨论与结论

氮肥管理技术是水稻超高产栽培技术的重要组成部分, 合理施用氮肥可以显著提高水稻产量。据报道, 水稻产量在合适的施氮量达到最大值, 过量或过少均会导致产量的下降<sup>[15]</sup>。吴文革等<sup>[16]</sup>研究发现, 不同施氮处理间产量差异的主要原因是群体颖花量的差异, 表现为产量与穗肥比例呈极显著的抛物线关系; 也有研

究<sup>[17-18]</sup>表明, 产量与基施氮肥量的比例存在显著的抛物线关系, 基肥和追肥不同比例主要影响了穗数和每穗粒数。郑永美等<sup>[19]</sup>研究表明, 适量的“起身肥”可以促进水稻分蘖的早生快发, 提高分蘖成穗率, 进而提高产量。曾勇军等<sup>[20]</sup>研究发现, 适量施氮可增加每穗粒数, 过量施氮每穗粒数会降低。本研究发现, K2 处理产量最高, 较高的收获穗数、叶面积指数、高效叶面积率、有效叶面积率、干物质积累量、收获指数、光合速率是其获得高产及较高氮肥利用率的原因所在。

不同的氮肥运筹方式对不同水稻的产量有较大的影响。张军等<sup>[21]</sup>研究表明, 基肥与穗肥比例为 7:3 或 6:4 时, 淮稻 11 号和甬优 2640 的穗粒结构协调性好, 可获得较高产量。吴文革等<sup>[22]</sup>研究认为, 基肥与穗肥比例为 6:4 时, 机插杂交中籼水稻的产量较高。胡群等<sup>[23]</sup>指出, 基肥与穗肥比例为 6:4 时, 机插水稻每穗粒数、群体颖花量、结实率和千粒重显著高于其他处理, 产量最高。而赵峰等<sup>[24]</sup>研究认为, 氮肥中基肥、蘖肥和穗肥比例为 5:3:2 时, 机插早稻两优 287 生育后期的根系活力强, 叶片光合能力高, 有利于高产。本研究发现, 氮素基肥与穗肥比例为 7:3 时(即氮素基肥、一次蘖肥、二次蘖肥、一次穗肥、二次穗肥比例为 40:12:18:16:14 施用)产量最高, 其比例略高于凌启鸿等<sup>[25]</sup>的研究结果。这是由于盘锦滨海稻区土壤粘重、含盐量偏高以及早春气温回升较慢、平均气温较低等原因降低了氮素的活性, 阻碍了生育前期水稻对氮素的吸收与利用, 而适当增加蘖肥比例可提高分蘖期土壤碱解氮浓度, 促进水稻对氮素的吸收利用<sup>[26-28]</sup>。这个处理能够在保证充足穗数的同时, 增加颖花量和每穗实粒数, 优化产量构

成因素,使钵苗机插水稻达到高产的效果。

### 参考文献

- [1] 万靓军.水稻氮肥运筹效应及技术改进的研究[D].扬州:扬州大学,2006.
- [2] Dobermann A, Cassman K G. Plant nutrient management for enhanced productivity in intensive grain production systems of the United States and Asia [J]. *Plant Soil*, 2002, 247: 153-175.
- [3] 崔月峰,孙国才,卢铁钢.施氮量及氮肥运筹对超级粳稻生长发育和氮素利用特性的影响[J].江苏农业科学,2016,44(4):125-128.
- [4] 张祥明,郭熙盛,李泽福,等.不同双季晚稻丰产栽培模式下的氮肥运筹技术研究[J].土壤通报,2008,39(5):1 061-1 066.
- [5] 万靓军,张洪程,霍中洋,等.氮肥运筹对超级杂交粳稻产量、品质及氮素利用率的影响[J].作物学报,2007,33(2):175-182.
- [6] 林志成,李土明,吴福观,等.基肥与穗肥氮比例对双季稻产量和碳氮比的影响 [J]. 植物营养与肥料学报,2011,17 (2):269-275.
- [7] 杨海生,张洪程,杨连群,等.依叶龄运筹氮肥对优质水稻产量与品质的影响[J].中国农业大学学报,2002,7(3):19-26.
- [8] 孙永健,孙园园,刘树金,等.水分管理和氮肥运筹对水稻养分吸收、转运及分配的影响[J].作物学报,2011,37(12):2 221-2 232.
- [9] 李华,陆亚琴,祝志刚,等.水稻钵苗机插与毯苗机插生产力比较研究[J].中国稻米,2013,19(6):60-61.
- [10] 胡雅杰,邢志鹏,龚金龙,等.钵苗机插水稻群体动态特征及高产形成机制的探讨[J].中国农业科学,2014,47(5):865-879.
- [11] 张洪程.钵苗机插水稻生产特点及其利用的核心技术[J].农机市场,2012(8):19-21.
- [12] 吴文革,张健美,周永进,等.江淮水稻钵苗机插生育特性与高产栽培关键技术研究[J].中国稻米,2015,21(4):118-124.
- [13] 农博.农业部主推12项农机技术[J].北京农业,2012(13):35.
- [14] 胡雅杰,钱海军,曹伟伟,等.机插方式和密度对不同穗型水稻品种产量及其构成的影响 [J]. 中国水稻科学,2016,30 (5):493-506.
- [15] 晏娟,尹斌,张绍林,等.不同施肥量对水稻氮素吸收与分配的影响[J].植物营养与肥料学报,2008,14(5):835-839.
- [16] 吴文革,杨联松,苏泽胜,等.不同施氮条件下杂交中籼稻的群体质量与产量形成 [J]. 中国生态农业学报,2008,16 (5):1 083 -1 089.
- [17] 张祥明,郭熙盛,李泽福,等.氮肥运筹方式对晚稻产量、品质和氮素利用率的影响研究[J].土壤通报,2008,39(3):576-580.
- [18] 王丽萍,刘华招,杜金岭,等.氮肥基追不同分施比例对寒地粳稻产量及氮肥利用率的影响[J].中国农学通报,2010,26(13):235-238.
- [19] 郑永美,丁艳锋,王强盛.起身肥对水稻分蘖和氮素吸收利用的影响[J].作物学报,2008,34(3):513-519.
- [20] 曾勇军,石庆华,潘晓华,等.施氮量对高产早稻氮素利用特征及产量形成的影响[J].作物学报,2008,34(8):1 409-1 416.
- [21] 张军,王兴龙,方书亮.氮肥运筹对钵苗机插稻产量及形成的影响[J].中国稻米,2016,22(2):39-42.
- [22] 吴文革,张玉海,张健美,等.氮肥运筹对机插杂交中籼水稻群体质量及产量形成的影响[J].安徽农业大学学报,2011,38(1):1-5.
- [23] 胡群,夏敏,张洪程,等.氮肥运筹对钵苗机插优质食味水稻产量及氮素吸收利用的影响 [J]. 作物学报,2016,42 (11):1 666 -1 676.
- [24] 赵峰,程建平,汪本福,等.氮肥运筹对机械栽植早稻两优287根系特征和产量的影响[J].湖北农业科学,2013(7):1 505-1 509.
- [25] 凌启鸿,张洪程,丁艳锋,等.水稻精确定量栽培理论与技术[M].北京:中国农业出版社,2006:92-138.
- [26] 付立东,王宇,隋鑫,等.氮肥运筹对滨海盐碱地水稻生育及产量的影响[J].沈阳农业大学学报,2010,146(3):327-330.
- [27] 付立东,王宇,隋鑫,等.氮素基肥穗肥不同施入比例对超级稻生育及产量的影响[J].作物杂志,2010,138(5):34-38.
- [28] 付立东,王宇,隋鑫,等.滨海稻区氮肥运筹对水稻产量及氮磷钾吸收量的影响[J].北方水稻,2012,42(2):9-13.

## Effects of Nitrogen Application on Growth and Yield of Pot-seedling Mechanical Transplanting Rice in the Coastal Region

LV Xiaohong, FU Lidong, WANG Yu, SUI Xin, REN Hai, LI XU, DU Meng, MA Chang

(Liaoning Saline-alkali Land Utilization and Research Institute, Panjin, Liaoning 124010, China; 1st author: lvxiaohong1214@126.com)

**Abstract:** The effects of the nitrogen application on tillers dynamic, leaf area index (LAI), dry matter accumulation, photosynthesis rate, yield and its components were studied in this paper, using Yanfeng 47 as materiel, which was a typical rice variety in the coastal region. The results showed that the yield of the treatment was highest, with the ratio of basal fertilizer to first tillering-fertilizer to second tillering-fertilizer to first panicle-fertilizer to second panicle-fertilizer is 40:12:18:16:14, due to the spike number, leaf area index, effective leaf area ratio and high efficient leaf area ratio, dry matter accumulation, harvest index, photosynthetic rate were higher.

**Key words:** nitrogen; pot-seedling mechanical transplanting rice; growth; yield