

# 机械化移栽方式对水稻产量及主要性状的影响

高连兴, 赵秀荣

(沈阳农业大学)

**摘要:** 为了比较机械移栽方式对水稻产量及主要性状的影响, 对平盘育苗机械插秧、钵盘育苗机械抛秧和钵盘育苗机械摆秧(即有序浅植)3种机械移栽方式(以下简称机插秧、机抛秧和机摆秧)和生育期相近的3种水稻进行了田间试验研究。结果表明, 不同机械移栽方式的水稻产量由大到小排序为: 机摆秧、机插秧、机抛秧, 机摆秧、机插秧与机抛秧的产量差异均达到极显著水平; 机摆秧的产量高于机插秧, 接近显著水平。不同品种之间的水稻产量差异不显著, 但机摆秧时不同品种的产量相差可达 10.55%; 不同移栽方式的成穗率由大到小排序为机摆秧、机插秧、机抛秧, 机摆秧的水稻产量构成因素最协调。

**关键词:** 水稻; 移栽方式; 机械化; 产量比较; 对比试验

**中图分类号:** S233.2

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1002-26819(2002)03-0045-04

我国水稻种植面积和产量占谷物总播种面积和产量的 34% 和 44%。然而, 机械化种植水平还不足 4% (含水稻直播面积), 已成为我国水稻生产的主要瓶颈问题。人工移栽水稻劳动强度大、用工量多, 生产效率和文明程度很低, 难以保证适时作业。与我国相邻的日本和韩国已分别于 20 世纪 80 年代末期和 90 年代中期全面实现了水稻生产机械化, 并将机械技术向我国大量出口。研究、解决我国水稻机械化技术特别是水稻种植机械化技术是当务之急。

我国是最早研究水稻插秧机的国家之一。早在 20 世纪 60 年代初期成功地研制出人力插秧机和机动插秧机, 但因与机械配套的育秧农艺技术研究不够, 插秧机与秧苗之间适应性差, 作业质量不高, 效率低。20 世纪 80 年代初期我国开始从日本引进硬盘育苗带土移栽技术及插秧机, 并在此基础上将硬盘改进为软盘, 也开发了相应的插秧机, 但因作业质量欠佳等原因, 应用率不高。从日本、韩国水稻种植技术发展和我国农业生产特点及水稻种植方式等方面综合分析, 在相当长的时期内, 移栽仍将是我国水稻栽培的主要方式。我国水稻移栽技术与移栽机械研究取得了一定的进展, 但仍存在以下问题:

1) 多种移栽方式并存 农业生产具有地域性, 要求一个地区、甚至全国统一水稻栽培方式是不可能的, 也不客观。但是对于一个地区来讲, 经过水稻栽培技术研究应该有一个相对稳定、统一的栽培方式, 以便在此基础上进行农机、农艺技术的共同开

发, 形成完善的机械化稻作技术体系。我国目前的水稻移栽方式有平盘育苗插秧、钵苗抛秧(无序浅栽)和有序浅植(即钵苗摆秧)3种, 经常在某一地区混杂应用, 究竟哪一种具有高产优势并将成为本地区相对稳定的栽培方式, 常有不同的争论。

2) 机械研究与稻作农艺脱节 目前农艺研究与农机研究未能紧密结合, 栽培技术在前, 农机技术被动地去适应, 结果难以形成相对稳定的技术体系。20 世纪 90 年代以前, 为适应水稻插秧而研究插秧机; 20 世纪 90 年代初期, 随着钵苗抛秧的推广, 开始了抛秧机的研究; 20 世纪 90 年代后期, 人们认识到了抛秧的不足而开始有序地摆秧, 对移栽机的研究又转向了摆秧机。有些地区采用抛秧、摆秧而未见增产或增产不显著, 而又回到了平盘育苗插秧的老路。

为了探明东北地区究竟采用哪种水稻机械化移栽方式较好, 本文对 3 种机械移栽方式和不同水稻品种结合起来进行比较研究, 从而探索一种适于东北地区高产高效的机械化稻作技术体系。

## 1 材料与方法

试验于 1999~2000 年在沈阳农业大学水稻原种基地进行。

参试品种为直立穗型品种沈农 8801、半直立穗型品种辽粳 294 和弯穗型品种辽盐 282, 3 个品种生育期相近。试验采用裂区设计, 主区为 3 种不同穗型品种, 副区为 3 种不同的机械移栽方式, 即平盘育苗机插秧、钵苗机抛秧与机摆秧, 移栽机械分别为 2ZT—9356 型机动插秧机、2ZPY—C 型旋转锥盘式水稻抛秧机和 2ZHP—6 型水稻钵苗摆秧机。试验 4 次重复, 试验小区随机排列, 每小区面积 7.2m<sup>2</sup>。机插秧与机摆秧均采用 6 行区, 行株距为 30 cm × 17

收稿日期: 2001205214

基金项目: 中国博士后科学基金资助项目

作者简介: 高连兴, 博士, 教授, 博士生导师, 沈阳市东陵路 120 号 沈阳农业大学农业工程学院, 110161

cm, 每穴 2~3 株苗, 机抛秧基本苗数与前两种方式大体相同。平盘育苗与钵盘育苗均采用营养土保温早育苗, 4 月 15 日播种, 5 月 16 日移栽。水田的土壤肥力中等。采用井水灌溉。苗期及本田期管理均与其它生产田相同。

收获前每小区分别取有代表性样本 2 穴, 测穗长、穗数、一次枝梗数、二次枝梗数、每穗成粒数、空秕粒数、千粒重、谷草比以及株高、着粒密度、总干物质质量等项目。水稻单产由实打实收后的小区产量折算求得。

## 2 水稻产量及构成因素分析

### 2.1 产量比较及方差分析

1999 年产量方差分析结果表明, 品种间产量差异不显著, 品种与栽培方式互作的产量差异不显著, 而移栽方式间的产量差异达到极显著水平(表 1)。多重比较的结果表明, 机摆秧与机插秧方式间无显著差异, 而二者与机抛秧方式的产量差异均到极显著水平(表 2)。表 3 列出了各种组合的产量和产量构成因素, 从中可以看出, 虽然方差分析结果表明品种间、机摆秧与机插秧之间的产量差异不显著, 但直立穗型品种沈农 8801 和半直立穗型品种辽粳 294 的产量分别比弯曲穗型品种辽盐 282 高 8.8% 和 10.8%, 而机摆秧比机插秧的平均产量高 4.26%,

二者分别比机抛秧高产 18.1% 和 13.2%。本试验中产量最高的组合为辽粳 294 机摆秧, 比同样机摆秧的辽盐 282 高产 10.55%。

表 1 水稻裂区试验的方差分析(1999)

Table 1 Variance analysis of test results

变异来源	自由度 DF	平方和 SS	均方 MS	显著性检验			
				F	F <sub>0.05</sub>	F <sub>0.01</sub>	
主区	区组	3	5.873	1.958	1.10	4.76	
	品种 A	2	4.014	2.007	1.128	5.14	
	误差 E <sub>a</sub>	6	10.679	1.78			
副区	总变异	11	20.566				
	移栽方式 B	2	10.081	5.041	9.657 <sup>33</sup>	3.55	6.01
	A × B	4	0.104	0.026	0.05		
区	误差 E <sub>b</sub>	18	9.359	0.522			
	总变异	35	40.146				

表 2 3 种移栽方式单位面积产量的新复极差测验(1999)

Table 2 SSR estimation of rice yield under three methods of machine transplanting

移栽方式	产量 $\bar{y}$ (kg · hm <sup>-2</sup> )	差异显著性	
		5%	1%
机摆秧	9352.05	a	A
机插秧	8970.00	a	A
机抛秧	7922.10	b	B

表 3 水稻群体产量及产量构成因素(1999)

Table 3 Yield and construction factors of rice population

栽移方式	水稻品种	产量 $\bar{y}$ (kg · hm <sup>-2</sup> )	穗数 $\bar{y}$ (万穗 · hm <sup>-2</sup> )	成穗率 $\bar{y}$ (%)	成粒数 $\bar{y}$ (粒 · 穗 <sup>-1</sup> )	成粒率 $\bar{y}$ (%)	千粒重 $\bar{y}$ (g)	谷草比
平盘育苗	沈农 8801	9067.65	306.15	68.32	105.98	89.85	25.91	0.99
	辽粳 294	9370.65	349.50	70.97	107.59	93.35	25.17	1.01
	机插秧	辽盐 282	9821.70	415.80	72.98	86.18	93.51	25.44
	平均	8970.00	357.30	70.76	99.92	92.24	25.61	1.04
钵盘育苗	沈农 8801	8109.15	308.40	67.61	99.75	89.54	26.63	1.00
	辽粳 294	8246.10	359.55	71.34	102.84	93.24	25.66	0.96
	机抛秧	辽盐 282	7411.05	395.55	66.81	78.91	93.14	26.1
	平均	7922.10	354.90	68.59	93.83	91.98	23.13	1.01
钵盘育苗	沈农 8801	9621.00	344.40	72.94	106.47	92.58	26.51	0.98
	辽粳 294	9679.35	392.55	76.87	98.47	90.23	25.28	1.01
	机摆秧	辽盐 282	8755.65	406.65	73.74	86.23	90.03	25.88
	平均	9352.05	361.50	74.52	97.06	91.61	25.89	1.04

### 2.2 产量构成因素

水稻产量可分解为单位面积穗数、每穗成粒数、粒重这 3 个因素的乘积。高产栽培中要求 3 因素能在较高水平上达到协调统一。本试验中, 产量与单位面积穗数、每穗成粒数、千粒重的相关数分别为 -0.151、0.647、-0.279, 均未达到显著水平, 与成穗率之间呈显著的相关 ( $r = 0.672^3$ )。不同移栽方式的成穗率排序为: 机摆秧 > 机插秧 > 机抛秧, 机摆

秧和机插秧的每穗成粒数均高于机抛秧, 这与产量结果相一致(表 3)。

本试验中, 每亩穗数与每穗成粒数之间负相关显著 ( $r = -0.754^3$ ), 千粒重与每亩穗数、每穗成粒数之间的相关均不显著 ( $r_1 = -0.528$ ,  $r_2 = -0.063$ ), 表明每穗数和每穗成粒数的变化对千粒重影响不大。例如, 随着每公顷穗数由 360.0 万粒上升到 415.5 万粒左右, 每穗成粒数也由 107 粒下降

到 86 粒左右, 而千粒重在 26 g 左右以很小的幅度改变。

### 3 水稻群体性状指标比较

#### 3.1 株高

株高是水稻株型研究中的首要形态指标之一。本试验中 3 个品种株高均在 90~110 cm 之间, 沈农 8801 最矮, 辽盐 282 最高(表 4)。栽培方式对试验品种的最终株高影响均很小。相关分析表明, 株高与产量之间的相关不显著, 说明株高不是影响产量高低的主要因素。

#### 3.2 穗部性状

机摆秧的穗长、着粒密度、一次枝梗数等于或略

低于机插秧, 而二者的上述指标均高于机抛秧。穗倾角以摆秧方式最高(表 4)。品种间穗长排序为辽盐 282> 辽粳 294> 沈农 8801, 着粒密度和一次枝梗数和上述排序正好相反, 沈农 8801 和辽粳 294 的二次枝梗数相近, 均大于辽盐 282。

#### 3.3 总干物质量与总库容

从表 4 中可以看出, 不同移栽方式的水稻总干物质量排序为机摆秧> 机插秧> 机抛秧, 这是导致机摆秧移栽方式高产的主要原因。水稻群体库容量大小用总农颖×饱满千粒重衡量。试验表明, 不同移栽方式的水稻群体总库容排序为机摆秧> 机插秧> 机抛秧。

表 4 水稻群体主要性状指标(1999)

Table 4 Main morphological indexes of rice population

移栽方式	水稻品种	株高 Öcm	穗长 Öcm	着粒密度 粒·cm <sup>-1</sup>	一次枝梗数 个·穗 <sup>-1</sup>	二次枝梗数 个·穗 <sup>-1</sup>	穗倾角 Ö(°)	总干物质量 Ökg·hm <sup>-2</sup>	总库容 Ökg·hm <sup>-2</sup>
机插秧	沈农 8801	97.95	15.39	7.663	11.22	17.92	3.3	21 728.55	9 354.75
	辽粳 294	104.68	16.48	6.996	10.73	18.44	41.2	24 184.65	10 260.15
	辽盐 282	104.28	19.95	4.619	9.15	14.65	82.8	21 094.05	9 749.10
	平均	102.10	17.27	6.426	10.37	17.00	42.4	22 335.75	9 787.95
机抛秧	沈农 8801	96.43	15.31	7.278	11.03	17.03	5.23	21 709.95	9 188.10
	辽粳 294	104.20	16.02	6.883	10.60	17.19	46.122	839.45	10 172.85
	辽盐 282	105.20	18.88	4.486	8.79	12.80	81.5	19 405.50	8 746.80
	平均	101.94	16.74	6.216	10.15	15.67	44.3	21 268.35	9 369.30
机摆秧	沈农 8801	94.35	16.36	7.488	11.18	16.75	6.0	23 595.00	10 500.00
	辽粳 294	104.63	16.06	8.796	10.67	16.98	51.4	24 827.55	10 820.55
	辽盐 282	105.70	20.15	4.650	9.25	15.42	87.1	23 067.75	9 858.60
	平均	101.56	17.19	6.311	10.37	16.38	48.2	23 821.05	10 395.60

## 4 结论和讨论

1) 3 种机械移栽方式之间的水稻产量差异达到极显著水平。机摆秧和机插秧方式的产量均极显著地高于机抛秧, 分别达到 18.1% 和 13.2%, 机摆秧的产量比机插秧的高, 接近显著水平, 达到 4.26%。

2) 3 个水稻品种之间的产量差异不显著, 但在机摆秧移栽的辽粳 294(产量为 9 679.35 kgÖhm<sup>2</sup>) 比辽盐 282(产量为 8 755.65 kgÖhm<sup>2</sup>) 高产 10.55%。

3) 本试验条件下机摆秧水稻产量高的关键在于成穗率高, 平均为 74.52%, 产量因素之间协调。

4) 机摆秧水稻的总干物质量和库容量最大, 分别达到 23 821.05 kgÖhm<sup>2</sup> 和 10 395.60 kgÖhm<sup>2</sup>, 表明机摆秧栽培时水稻高产和增产潜力最大。

虽然试验结果表明, 水稻钵育苗机摆秧的成穗率高, 物质生产能力强, 产量最高, 但是由于机摆秧与机插秧相比, 育苗费用略高于平盘育秧, 这些将导

致机摆秧的最终经济效益的增加并不一定显著。若采用钵苗有序浅植机超稀摆秧, 则可充分发挥钵盘育苗摆秧增产优势, 显著地增加经济效益。

本试验的 30 cm × 17 cm 稀植条件下, 辽粳 294 机摆秧产量高, 表明半直立穗型品种辽粳 294 比较适于采用钵盘育苗超稀摆秧方式。这与辽粳 294 水稻品种秧苗素质好、分蘖力强、物质生产能力强、自我协调能力等优势密切相关。所以, 选用适宜品种是钵育苗超稀摆秧方式获得高产的关键。

#### [参 考 文 献]

- [1] 白锡斌, 宋国苏, 李忠熙等. 水稻钵苗浅插的增产作用浅析[J]. 垦殖与稻作, 1998, (1): 16~18
- [2] 张龙步, 董克, 徐正进等. 水稻田间试验方法与测定技术[M]. 沈阳: 辽宁科技出版社, 1993
- [3] 高连兴. 水稻钵苗移栽方式及有序浅植机方案研究[D]. 沈阳: 沈阳农业大学, 2000
- [4] Gao Lianxing. Research on high yield mechanism of rice transplant trough throwing pot seedling [A]. Proceedings of International Symposium on North2

eastern Asia Agricultural Development in 21st Century [C], 1998, 9

- [5] Gao Lianxing. Development situation and tendency on rice production mechanization in the northeast of Chi

na [A]. Proceedings of International Conference on Agricultural Engineering (992ICAF) [C]. Beijing: China Agricultural University Press, 1999. 12

## Effect of Mechanized Transplanting Methods on Rice Yield & Rice Population Growth Trends

Gao Lianxing, Zhao Xiurong

(Agricultural Engineering College, Shenyang Agricultural University, Shenyang 110161, China)

**Abstract:** In order to select the most advantageous method of rice mechanized transplanting, the three different patterns which are pliable tray seedling and machine transplanting (PLMT), pot tray seedling and machine scattering transplanting (POSMT) and pot tray seedling and machine transplanting (POMT) and three kinds of rice varieties were studied. The results showed that (1) The yield of the rice population under POMT was higher than that under PLMT, the yields under POMT and PLMT were significantly higher than that under PLMT. (2) The yield differences among rice varieties were not significant, except that of 10.8% under POMT. (3) The effective tillers of plant population under three patterns were significantly different and arranged in descending order as follows: POMT, POMS, and PLMT.

**Key words:** rice; transplanting methods; mechanization; yield comparison; controlled experiment

### 《农业工程学报》在全国中文核心期刊“农业工程类”中位居榜首

据《中文核心期刊要目总览》2000年版统计结果,我国现有农业工程类科技期刊82种,其中中文核心期刊12种,《农业工程学报》在12种农业工程类中文核心期刊中位居榜首。农业工程类排

名前三位的期刊依次是:《农业工程学报》《农业机械学报》《农村水利水电技术》。

(本刊辑)

### 《农业工程学报》被《中国学术期刊文摘》收录

《农业工程学报》被中国科学技术协会主办的《中国学术期刊文摘》确定为第一批入选的200种学术期刊之一。凡发表于本刊的论文每期都被选

择性收录10篇摘要和收录全部题录,给作者的稿酬都一次性付清。

(本刊辑)