

DOI: 10.11931/guihaia.gxzw201704032

引文格式: 曾永跃, 唐国荣, 韦杰权, 等. 机插秧水稻物质生产与养分积累特性研究 [J]. 广西植物, 2018, 38(4):521-528
ZENG YY, TANG GR, WEI JQ, et al. Dry matter and nutrient accumulation characteristics of machine-transplanting rice [J]. *Guihaia*, 2018, 38(4):521-528

机插秧水稻物质生产与养分积累特性研究

曾永跃¹, 唐国荣^{2,5}, 韦杰权³, 韦承坤³, 韦善清²,
黄敏⁴, 宋红¹, 阮春芳³, 江立庚^{2*}

(1. 南宁市农机化技术推广服务站, 南宁 530004; 2. 广西大学 作物栽培学与耕作学重点实验室, 南宁 530004; 3. 武鸣区农机化技术推广服务站, 广西 武鸣 530100; 4. 湖南农业大学 南方粮油作物协同创新中心, 长沙 410128; 5. 玉林市农业科学院, 广西 玉林 537000)

摘要: 为明确机插水稻的物质生产与养分积累特性, 该研究以早季和晚季水稻常规品种(珍桂矮和新香粘)为材料进行大田试验, 设置机插秧(行距 30 cm × 株距 12 cm)、手插秧(行距 30 cm × 株距 12 cm)、手抛秧(27.75 万茼 · hm⁻²) 三种栽培方式。在水稻抽穗期测定各处理叶面积指数, 在分蘖期、拔节期、抽穗期和成熟期分别测定各处理干物质积累量、氮、磷、钾养分积累量及成熟期稻谷产量。结果表明: 在同一单位面积栽植密度条件下, 早晚两季、机插秧水稻在抽穗期的叶面积指数与手插秧水稻、手抛秧水稻间并无显著差异, 机插秧水稻成熟期干物质、氮、磷、钾养分积累量等方面与手插秧、手抛秧水稻无显著差异, 但其前期积累的干物质及养分积累量较少, 后期积累量较大。早晚两季机插秧水稻、手插秧水稻和手抛秧水稻的产量分别是 7.73、7.62、6.70 t · hm⁻² 和 5.91、5.97、5.90 t · hm⁻², 都未表现出显著差异。这表明机插秧水稻的产量潜力、干物质和养分积累潜力与手插秧、手抛秧水稻的差异较小, 但其物质积累过程与手插秧、手抛秧水稻存在明显差异。

关键词: 水稻, 机插秧, 物质积累, 养分积累, 产量

中图分类号: Q945, S511 文献标识码: A 文章编号: 1000-3142(2018)04-0521-08

Dry matter and nutrient accumulation characteristics of machine-transplanting rice

ZENG Yongyue¹, TANG Guorong^{2,5}, WEI Jiequan³, WEI Chengkun³, WEI Shanqing²,
HUANG Min⁴, SONG Hong¹, RUAN Chunfang³, JIANG Ligeng^{2*}

(1. Agricultural Machinery Extending Stations of Nanning, Nanning 530004, China; 2. Key Laboratory of Crop Cultivation and Farming, Guangxi University, Nanning 530004, China; 3. Agricultural Machinery Extending Stations of Wuming, Wuming 530004, Guangxi, China; 4. Collaborative Innovation Center of Grain and Oil Crops in South China, Hunan Agricultural University, Changsha 410128, China; 5. Academy of Agricultural Sciences of Yulin, Yulin 537000, Guangxi, China)

收稿日期: 2017-06-27

基金项目: 国家现代农业产业技术体系广西创新团队(水稻)项目(NCYTXGXXTD-01); 南宁市农业机械化技术推广服务站资助项目 [Supported by the National Modern Agricultural Industry Technology System of China, Guangxi Innovation Team (Rice) (NCYTXGXXTD-01); Nanning Agricultural Mechanization Technology Extension Service Station Funds]。

作者简介: 曾永跃(1958-), 男, 广西钦州人, 高级工程师, 研究方向为农机化技术推广, (E-mail) zyy3109156@163.com。

* 通信作者: 江立庚, 博士, 教授, 博士生导师, 研究方向为作物生理生态, (E-mail) jiang@gxu.edu.cn。

Abstract: Field experiments about conventional rice varieties (Zhenguihai and Xinxiangzhan) in Wuming District of Nanning City were conducted in early and late seasons of 2014 to find out the dry matter and nutrient accumulation characteristics of machine-transplanting rice. Three different cultivation modes, i.e. machine-transplanting and hand-planting rice with spacing 30 cm × 12 cm, and hand-throwing rice with 277 500 per hectare, three replicates. Each hole controls 3–4 seedlings. We measured leaf area index at heading stage, the dry matter, nutrient accumulation of tillering, elongation, heading, maturation stages and grain yield maturation stage. The results were as follows: Under the same unit area planting density condition, the leaf area index at heading stage and dry matter, N, P and K nutrient accumulations and grain yields at maturation stages of machine-transplanting rice in both two seasons had no significant differences with hand-planting rice and hand-throwing rice. However, machine-transplanting rice indicated less dry matter and nutrient accumulation during earlier period, but greater during later period. Yield of machine-transplanting rice, hand-planting rice, hand-throwing rice were 7.73, 7.62, 6.70 t · hm⁻² in early season and 5.91, 5.97, 5.90 t · hm⁻² in late season, but all showed no significant difference. The conclusions showed that machine-transplanting rice indicated no obvious differences on dry matter, nutrient accumulation, and yield potential with hand-planting rice and hand-throwing rice, but obvious differences on dry matter and nutrient accumulation process.

Key words: rice, machine-transplanting, dry matter accumulation, nutrient accumulation, yield

世界上大约一半人口以稻米为主食(石左虎, 2015;袁隆平, 2014;张杰和沈丹波, 2013)。水稻是我国最重要的粮食作物之一, 稳定和发展我国水稻生产对国家粮食安全具有重要意义(焦玲玲等, 2014;任战英和杨正林, 2013;张占胜, 2012)。然而, 随着经济社会的发展, 农村劳动人口逐渐向大中城市及城镇转移, 农村从事农业生产的劳动力逐渐减少(孙静和戚研, 2016), 发展水稻机械化生产技术, 是解决农村劳动力日益减少的情况下保证粮食种植面积和产量的重要方法。

前人对机插秧水稻的生产和产量形成进行较多的研究, 胡雅杰等(2012)研究认为机插秧水稻生育中后期光合能力强, 物质积累多, 有利于高产。朱从海等(2008)研究认为机插秧水稻产量、总干物质积累量与抽穗至成熟期干物质积累量呈极显著正相关。增施氮、磷、钾肥都能提高水稻的分蘖能力, 叶面积指数和干物质积累量, 从而提高产量(俞巧钢等, 2012; 张奇春和王光火, 2006)。氮、磷、钾养分能够直接或间接影响水稻的生长代谢及最终产量的形成(肖小军等, 2014), 但是关于机插秧水稻的物质生产与养分积累与其他栽培方式水稻的差异及其对产量的影响研究还比较少。因此, 本研究在南方双季稻区生态条件下, 以手抛秧和手插秧为对照, 系统研究机插秧水稻的物质

生产、养分积累特性及其与产量的关系, 以明确其产量形成规律, 为机插水稻高产栽培提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 时间、地点与材料

于2014年在广西武鸣县双桥镇农户责任田进行大田试验, 早季和晚季供试水稻品种分别为珍桂矮和新香粘, 皆为武鸣当地常规栽培品种。试验田的土壤试验开始前基本理化性质是有机质 41.59 g · kg⁻¹, 速效氮 79.47 mg · kg⁻¹, 速效磷 11.98 mg · kg⁻¹, 速效钾 49.49 mg · kg⁻¹, pH 为 6.19。

1.2 方法

根据栽培方式设 3 个处理, 即机插秧(行距 30 cm × 株距 12 cm)、手插秧(行距 30 cm × 株距 12 cm)、手抛秧(27.61 万蔸 · hm⁻²)。机插秧和手插秧每穴控制 3~4 苗, 手抛秧在播种密度相同条件下, 按单位面积穴数相同确定小区的抛栽数量。小区随机排列, 设 3 次重复。小区面积 36 m², 长为 15 m, 宽为 2.4 m, 小区之间留 35 cm 的空间作为过道, 四周设 1.5 m 保护行。

各处理的施肥数量和施肥方法相同, 其他大田管理按当地高产习惯进行。

1.3 测定项目

于分蘖期、拔节期、抽穗期和成熟期在每个小区取代表性水稻植株 8 穴, 然后分为茎、叶、穗(抽穗期和成熟期)三部分, 于 105 °C 下杀青 30 min 后, 于 80 °C 下烘干至恒重。样品称重后用植物样品粉碎机(FZ102, 天津市泰斯特仪器有限公司生产)粉碎, 过 60 目筛, 密封干燥保存。水稻叶面积用激光叶面积测定仪测定。样品中全氮、全磷、全钾含量的测定方法参照鲍士旦 2000 年编的《土壤农化分析》。全氮采用连续流动化学分析仪 SEAL-AA3 比色测定, 全磷采用钼锑抗吸光光度法测定, 全钾采用火焰光度法测定。成熟期先调查 30 蔸水稻的平均穗数, 然后取代表性植株 10 蔸进行考种, 测定每穗粒数、单穗重、千粒重等。

1.4 统计分析

采用 Excel 进行数据整理, 采用 SPSS18.0 软件进行方差分析。

2 结果与分析

2.1 干物质积累特性

由表 1 可知, 早晚两季机插秧水稻在分蘖前干物质积累量显著低于手插秧和手抛秧, 在抽穗期、成熟期超过了手插秧和手抛秧的干物质积累量, 但处理间差异不显著。进一步比较三种移栽方式水稻在生育前期、中后期的干物质积累量(表 2), 发现机插秧水稻干物质积累与手抛秧表现出相反的趋势, 即机插秧水稻在生育前期的干物质积累少, 占总干物质积累量的比率较低, 在晚季生育后期反之。由表 3 可知, 早季机插秧、手插秧、手抛秧水稻在中后期的干物质积累量分别是 1 220、970、1 090 $\text{g} \cdot \text{m}^{-2}$, 晚季机插秧、手插秧、手抛秧水稻在中后期的干物质积累量分别是 1 560、1 770、1 360 $\text{g} \cdot \text{m}^{-2}$ 。

表 1 还表明不同移栽方式水稻收获指数的差异在早晚两季均不显著。这表明, 机插秧水稻物质分配与手插秧、手抛秧水稻并没有明显的不同。

综合分析, 机插秧水稻的干物质生产能力及物质分配与手插秧、手抛秧水稻没有明显的差异, 但干物质积累过程与手插秧、手抛秧水稻存在一

定的差异, 主要表现在其前期的干物质积累能力较弱、后期的干物质积累能力较强。

2.2 氮、磷、钾养分的吸收积累特点

2.2.1 氮素吸收与积累 由表 3 可知, 机插水稻在分蘖期和拔节期地上部的氮素积累量在三种移栽方式中均是最小的, 表明机插秧水稻缓苗期长影响了其生育前期对氮素的吸收。其中, 机插秧水稻在早季分蘖期其氮素积累比手插秧和手抛秧的氮素积累量分别少了 27% 和 30%, 机插秧水稻与手插秧、手抛秧水稻之间氮素积累的差异达到了显著性水平; 晚季, 机插秧水稻地上部氮素积累量在分蘖期分别比手插秧水稻和手抛秧水稻低 26% 和 31%, 显著低于手插秧和手抛秧水稻氮素积累。

机插秧水稻拔节后, 其氮素积累量迅速增加。早季, 机插秧水稻在抽穗期和成熟期和氮素积累量超过了手插秧水稻和手抛秧水稻。晚季, 机插秧水稻在抽穗期和成熟期的氮素积累量也超过了手抛秧水稻, 但在成熟期的氮素积累量仍低于手插秧水稻。

计算各生育阶段水稻氮素积累量及占总氮素积累量的比率, 表 4 结果表明, 机插水稻各生育阶段氮素的积累特点与手抛秧水稻的特点相反, 即机插水稻在生育前期的氮素积累量小, 前期积累氮素占总氮素积累量的比率低, 生育后期的氮素积累较大, 后期积累氮素占总氮素积累量的比率较大, 而手抛秧水稻在生育前期的氮素积累量大, 前期积累氮素占总氮素积累量的比率高, 生育后期的氮素积累量较小, 后期氮素积累量占总氮素积累量的比率较低。

2.2.2 磷素吸收与积累 由表 5 可知: 早晚两季, 机插秧水稻在分蘖期, 其地上部磷素的积累量都显著小于手插秧水稻和手抛秧水稻; 早晚两季, 从拔节期到成熟期, 机插秧水稻与手插秧水稻、手抛秧水稻对磷素的积累都逐渐增加, 但相互间无显著差异。

机插秧水稻在早季前期对磷的积累占总生育期积累的比率小于手插秧水稻, 但大于手抛秧水稻, 中期积累的速度小于手插秧水稻和手抛秧水稻, 在后期又超过手插秧水稻, 表明早造机插秧水稻对磷的积累主要在前期和后期。进一步研究发

表 1 移栽方式对水稻干物质积累和收获指数的影响

Table 1 Effects of transplanting methods on dry matter accumulation and harvest index of rice

季节 Season	处理 Treatment	干物质积累量 Dry matter accumulation ($\text{g} \cdot \text{m}^{-2}$)				收获指数 Harvest index (%)
		分蘖期 Tillering	拔节期 Elongation	抽穗期 Heading	成熟期 Maturation	
早季 Early season	机插秧 J	210b	0.44b	940a	1 660a	45.76a
	手插秧 C	300a	0.43b	890a	1 400a	49.07a
	手抛秧 P	340a	0.52a	1 060 a	1 610a	50.26a
晚季 Late season	机插秧 J	90b	0.34a	1 340a	1 900a	50.85a
	手插秧 C	130a	0.36a	1 270a	2 130a	54.76a
	手抛秧 P	150a	0.39a	1 270a	1 750a	49.54a

注: J 代表机插秧, C 代表手插秧, P 代表手抛秧; 同列数据后不同小写字母分别表示差异达 5% 显著水平。下同。

Note: J represents machine-transplanting rice, C represents hand-planting rice, P represents hand-throwing rice; Different lowercase alphabets in the same column indicate significant differences at 5% level, respectively. The same below.

表 2 移栽方式对水稻不同生育阶段干物质积累的影响

Table 2 Effects of transplanting methods on dry matter accumulation during different growth periods of rice

季节 Season	处理 Treatment	干物质积累量 Dry matter accumulation					
		前期 Early period ($\text{g} \cdot \text{m}^{-2}$)	百分比 Percent (%)	中期 Middle period ($\text{g} \cdot \text{m}^{-2}$)	百分比 Percent (%)	后期 Late period ($\text{g} \cdot \text{m}^{-2}$)	百分比 Percent (%)
早季 Early season	机插秧 J	440	26.51	500	30.12	720	43.37
	手插秧 C	430	30.71	160	32.86	510	36.43
	手抛秧 P	520	32.30	510	33.54	550	34.16
晚季 Late season	机插秧 J	340	17.89	1 000	52.63	560	29.47
	手插秧 C	360	16.90	910	42.72	860	40.38
	手抛秧 P	390	22.29	880	50.29	480	27.43

表 3 移栽方式对早晚季水稻不同生育阶段植株地上部氮素积累量的影响

Table 3 Effects of transplanting methods on N uptake amount aboveground plants of rice of different growth stages in early and late seasons

季节 Season	处理 Treatment	全氮积累量 Total N uptake ($\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$)			
		分蘖期 Tillering	拔节期 Elongation	抽穗期 Heading	成熟期 Maturation
早季 Early season	机插秧 J	45.03b	61.90a	89.69ab	136.53a
	手插秧 C	61.52a	68.88a	85.30b	127.73a
	手抛秧 P	64.70a	77.53a	106.59a	126.54a
晚季 Late season	机插秧 J	19.85b	52.79a	117.64a	161.6ab
	手插秧 C	26.73a	54.38a	112.05a	181.85a
	手抛秧 P	28.86a	55.86a	114.11a	149.01b

表 4 移栽方式对早晚季水稻不同生育阶段植株氮素积累量的影响

Table 4 Effects of transplanting methods on N uptake amount aboveground plants of rice in different growth periods

季节 Season	处理 Treatment	氮积累量 N uptake					
		前期 Earlier period ($\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$)	百分比 Percent (%)	中期 Middle period ($\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$)	百分比 Percent (%)	后期 Later period ($\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$)	百分比 Percent (%)
早季 Early season	机插秧 J	61.90	45.34	27.79	20.35	46.84	34.31
	手插秧 C	68.88	53.93	16.42	12.86	42.43	33.21
	手抛秧 P	77.53	61.27	29.06	22.97	19.95	15.76
晚季 Late season	机插秧 J	52.79	32.67	64.85	40.13	43.96	27.20
	手插秧 C	54.38	29.91	57.67	31.71	69.80	38.38
	手抛秧 P	55.86	37.49	58.25	39.09	34.90	23.41

表 5 移栽方式对早晚季水稻地上部磷素积累量的影响

Table 5 Effects of transplanting methods on P uptake amount aboveground plants of rice in early and late seasons

季节 Season	处理 Treatment	磷积累量 P uptake ($\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$)			
		分蘖期 Tillering	拔节期 Elongation	抽穗期 Heading	成熟期 Maturation
早季 Early season	机插秧 J	9.81b	19.72a	20.34a	25.01ab
	手插秧 C	13.41a	18.12a	19.41a	20.70b
	手抛秧 P	15.49a	20.79a	21.97a	27.73a
晚季 Late season	机插秧 J	2.20b	6.09b	19.73a	26.44a
	手插秧 C	2.97ab	7.03a	17.57a	27.23a
	手抛秧 P	3.10a	7.35a	18.19a	22.68a

表 6 移栽方式对早晚季水稻不同时期地上部积累磷素的影响

Table 6 Effects of transplanting methods on P uptake amount aboveground plants of rice in different growth periods in early and late seasons

季节 Season	处理 Treatment	磷积累量 P uptake					
		前期 Earlier period ($\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$)	百分比 Percent (%)	中期 Middle period ($\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$)	百分比 Percent (%)	后期 Later period ($\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$)	百分比 Percent (%)
早季 Early season	机插秧 J	19.72	78.85	0.62	2.48	4.67	18.67
	手插秧 C	18.12	87.54	1.29	6.23	1.29	6.23
	手抛秧 P	20.79	74.97	1.18	4.26	5.76	20.77
晚季 Late season	机插秧 J	6.09	23.03	13.64	51.59	6.71	25.38
	手插秧 C	7.03	25.82	10.54	38.71	9.66	35.48
	手抛秧 P	7.35	32.41	10.84	47.80	4.49	19.80

表 7 移栽方式对早晚稻地上钾素积累的影响

Table 7 Effects of transplanting methods on K uptake amount aboveground plants of rice in early and late seasons

季节 Season	处理 Treatment	钾积累量 K uptake (kg · hm ⁻²)			
		分蘖期 Tillering	拔节期 Elongation	抽穗期 Heading	成熟期 Maturation
早季 Early season	机插秧 J	64.73b	125.29b	225.25a	233.19a
	手插秧 C	92.38a	134.13ab	197.19a	210.73a
	手抛秧 P	98.11a	153.68a	225.99a	229.99a
晚季 Late season	机插秧 J	28.91b	98.82a	207.12a	242.72a
	手插秧 C	43.40a	100.60a	190.41a	264.83a
	手抛秧 P	50.70a	108.04a	193.43a	214.87a

表 8 移栽方式对早晚季不同时期水稻地上部积累钾素的影响

Table 8 Effects of transplanting methods on K uptake amount aboveground plants of rice in different growth periods in early and late seasons

季节 Season	处理 Treatment	钾积累量 K uptake					
		前期 Early period (kg · hm ⁻²)	百分比 Percent (%)	中期 Middle period (kg · hm ⁻²)	百分比 Percent (%)	后期 Late period (kg · hm ⁻²)	百分比 Percent (%)
早季 Early season	机插秧 J	125.29	53.73	99.96	42.87	7.94	3.40
	手插秧 C	134.13	63.65	63.06	29.92	13.54	6.43
	手抛秧 P	153.68	66.82	72.31	31.44	4	1.74
晚季 Late season	机插秧 J	98.82	40.71	108.3	44.62	35.6	14.67
	手插秧 C	100.60	37.99	89.81	33.91	74.42	28.10
	手抛秧 P	108.04	50.28	85.39	39.74	21.44	9.98

表 9 移栽方式对早晚季水稻抽穗期叶面积指数的影响

Table 9 Effects of transplanting methods of rice on leaf area index in heading period in early and late seasons

季节 Season	处理 Treatment	叶面积指数 Leaf area index
早季 Early season	机插秧 J	5.54a
	手插秧 C	5.27a
	手抛秧 P	5.95a
晚季 Late season	机插秧 J	8.07a
	手插秧 C	6.70a
	手抛秧 P	6.60a

对磷的积累速度增加,超过了手插秧水稻和手抛秧水稻,并在生育后期,超过了手抛秧水稻对磷素的积累速度(表6)。

2.2.3 钾素吸收与积累 由表7可知,早晚两季,机插秧水稻在分蘖期积累的钾素只占总生育期钾积累总量的27%和11%,而手插秧水稻在分蘖期积累的氮素占总生育期钾积累总量的43%和16%,手抛秧水稻分蘖期积累的氮素只占总生育期钾积累总量的42%和23%,机插秧水稻在分蘖期对钾素的积累都显著小于手插秧水稻和手抛秧水稻。早季拔节期机插秧、手插秧和手抛秧水稻对钾的积累已分别达到了53%、63%和66%。抽穗期后,三种移栽方式对钾素的积累总量虽有差异但不显著。数据表明,晚季机插秧、手插秧和手抛秧等栽

现,机插秧水稻在晚季前期对磷的积累速度小于手插秧水稻和手抛秧水稻,但在中期,机插秧水稻

表 10 移栽方式对水稻产量及产量构成的影响

Table 10 Effects of transplanting methods on yield and yield components of rice

季节 Season	处理 Treatment	产量 Yield (t·hm ⁻²)	每平方穗数 Panicles per square meter	每穗粒数 Grains per panicle	单穗重 Weight per panicle (g)	千粒重 1 000-grain weight (g)
早季 Early season	机插秧 J	7.73a	447.82a	101.71a	1.87a	24.59a
	手插秧 C	7.62a	458.52a	102.34a	1.73a	24.32a
	手抛秧 P	6.70a	434.81a	108.66a	1.85a	23.96a
晚季 Late season	机插秧 J	5.91a	539.5a	114.90a	1.67a	20.83a
	手插秧 C	5.97a	559.26a	113.98a	1.67a	20.59ab
	手抛秧 P	5.90a	502.55a	118.37a	1.67a	20.40b

插方式水稻在拔节期对钾素的积累分别达到了40%、37%和50%，抽穗期，钾素的积累都已达到了钾素积累总量的70%以上，抽穗期到成熟期，机插秧水稻对钾素总的的积累与手插秧和手抛秧都没有显著差异，表明机插秧水稻对钾素的积累能力跟手插秧和手抛秧基本一致。

由表8可知，早晚两造机插秧水稻在生育前期对钾素的积累量少于手插秧水稻和手抛秧水稻，中期对钾素的积累量及占总生育期的比率均大于手插秧水稻和手抛秧水稻。生育后期则表现为对钾素的积累基本达到了顶峰，占生育期总积累量比率较少，早成熟期。对三种栽培方式对钾素的积累量进行分析，结果表明，机插秧水稻对钾素积累能力相对手插秧水稻和手抛秧水稻，只是过程有差异，但不影响最终积累总量。

2.3 机插秧抽穗期叶面积指数

抽穗期作为水稻高产的关键时期，其叶面积指数是在一定程度上反映了物质生产能力。由表9可知，早晚两季，机插秧水稻的叶面积指数与手插秧水稻、手抛秧水稻间并无显著差异，这可能是三种栽插方式水稻成熟期物质积累量差异不显著的主要原因。

2.4 机插秧水稻产量及穗粒结构特点

由表10可知，在早季，机插秧水稻虽然在各个时期的干物质、氮、磷、钾养分等积累过程不同，但最终积累总量无显著差异，从早晚两季的成熟

期的考种数据来看，机插秧水稻单位面积穗数、单穗重、每穗粒数、千粒重及单位面积产量与手插秧水稻、手抛秧水稻对比没有表现出显著的差异，说明，机插秧水稻具有手插秧水稻和手抛秧水稻一样的生产潜力。

3 讨论与结论

研究表明，三种移栽方式水稻的产量差异不显著，与刘红江等(2013)研究结果相似。其原因有多方面，但三种移栽方式水稻总的物质生产与养分积累能力差异水平不显著，可能是导致产量无显著差异的主要原因。从叶面积指数测定数据来看，三种移栽方式水稻抽穗期的叶面积指数也没有表现出显著差异。由此推测，三种栽插方式水稻群体的光合能力也不存在显著差异，并导致其干物质积累能力也未表现出显著差异。这也表明，与手插秧水稻、手抛秧水稻比较，机插秧水稻的优势并不表现在产量上，而是表现在省工、省力优势。

然而，机插秧水稻的物质生产与养分积累过程与手插秧、手抛秧水稻间存在显著的差异，即机插秧水稻前期生产的干物质和积累的养分数量较少、占全生育期干物质生产量和养分积累量的比率较小。为进一步探究其原因，本人在本试验进行过程中同步对机插秧缓苗期进行调查，发现机插秧水稻栽插较深、栽插时秧苗断根率比手插秧和手抛秧

高、返青较慢、缓苗期较长、前期生长势头较弱(曾永跃等,2016)。根据机插秧水稻的上述物质生产与养分积累特点,生产上应采取相应的栽培措施,以充分发挥机插秧水稻的产量潜力。首先,应加强前期的田间管理,促进前期的干物质生产与养分积累。前期生长缓慢,物质生产能力和养分积累能力较弱,是制约机插秧水稻高产的重要限制因子。因此,返青后,湿润灌溉,早施并适当重施分蘖肥,以促进机插秧水稻分蘖早发。其次,充分发挥水稻的自我调节功能,即前期生长的弱势可以通过后期的强势生长进行弥补。如通过科学施用穗肥,促进机插秧水稻中后期的物质生产与养分积累,为形成大穗,提高产量奠定基础。

参考文献:

HU YJ, ZHANG HC, GONG JL, 2012. Effects of different cultivation methods on rice yield and material production [J]. *Chin Rice*, 18 (5): 15-19. [胡雅杰, 张洪程, 龚金龙, 2012. 不同栽培方式对水稻产量和物质生产特征影响 [J]. *中国稻米*, 18(5):15-19.]

JIAO LL, YAO XY, HU HW, et al, 2014. Effects of nitrogen and potassium rates on yield formation of super hybrid rice Guiliangyou 2 [J]. *Crop*, (6):106-111. [焦玲玲, 姚贤玉, 胡宏伟, 等, 2014. 高肥力水平下氮钾肥施用量对超级杂交稻桂两优 2 号产量形成的影响 [J]. *作物杂志*, (6):106-111.]

JIN QL, ZHENG HP, ZHANG ZD, et al, 2009. A study of highyield cultivation of machine-planting rice [J]. *Shanghai Agric Sci Technol*, (6):62-64. [金巧玲, 郑华萍, 张之桐, 等, 2009. 水稻机插秧高产栽培技术研究 [J]. *上海农业科技*, (6):62-64.]

LIU H, YU XL, 2015. The disappearance and protection of traditional villages in the process of urbanization in China [J]. *J Hebei Univ Eng (Soc Sci Ed)*, (4): 25-27. [刘会, 禹秀丽, 2015. 论我国城镇化进程中传统村落的消失与保护 [J]. *河北工程大学学报(社会科学版)*, (4):25-27.]

LIU HJ, ZHENG JC, CHEN LG, et al, 2013. Effects of different planting modes on the growth and development characteristics of rice [J]. *Chin J Ecol*, 32 (9): 2326-2331. [刘红江, 郑建初, 陈留根, 等, 2013. 不同播栽方式对水稻生长发育特性的影响 [J]. *生态学杂志*, 32 (9):2326-2331.]

REN ZY, YANG ZL, 2013. Effect of high temperature on rice yield and quality in China [J]. *Seed World*, (11): 24. [任战英, 杨正林, 2013. 高温对我国水稻产量和品质的影响 [J]. *种子世界*, (11):24.]

SHI ZH, 2015. Release hands and feet, increasing yield of rice

[J]. *World Sci*, (1): 38. [石左虎, 2015. 放开手脚增产水稻 [J]. *世界科学*, (1):38.]

SUN J, QI Y, 2016. Study on the safety of left behind children in rural areas under the new urbanization [J]. *Rural Econ Sci Technol*, (8): 161, 169. [孙静, 戚研, 2016. 新型城镇化视阈下农村留守儿童安全问题研究 [J]. *农村经济与科技*, (8):161, 169.]

WU GM, 2015. Effect of nitrogen and potassium fertilizing amount and planting pensity on yield of Taifengyou 656 after tobacco [J]. *Chin Rice*, 21 (5): 72-74. [吴光明, 2015. 施氮施钾量和栽插密度对烟后稻泰丰优 656 产量的影响 [J]. *中国稻米*, 21(5):72-74.]

XIAO XJ, XIAO GB, XIU XS, 2014. The effect of nitrogen application on nutrient uptake, translocation and distribution of super rice, proceedings of the 2014 national symposium on crop cultivation and physiology of young people in China [J]. Beijing: *Crop Soc Chin*; 61. [肖小军, 肖国滨, 刘小三, 2014. 氮肥运筹对超级稻养分吸收、转运和分配的影响, 2014 年全国青年作物栽培与生理学术研讨会论文集 [J]. 北京: 中国作物协会: 61.]

YU QG, YE J, YANG SN, 2012. Effects of different nitrogen application levels on rice nutrient uptake and ammonium volatilization [J]. *Chin J Rice Sci*, 26(4):487-494. [俞巧钢, 叶静, 杨梢娜, 2012. 不同施氮量对单季稻养分吸收及氮挥发损失的影响 [J]. *中国水稻科学*, 26(4):487-494.]

YUAN LP, 2014. Development of hybrid rice for food security [J]. *Sci Press*, (12): 32-33. [袁隆平, 2014. 发展杂交水稻保障粮食安全 [J]. *科学新闻*, (12):32-33.]

ZENG YY, TANG GR, JIANG LG, et al, 2016. Characteristics of rice growth during slow seedling period and physiological mechanism [J]. *J Chin Agric Mech*, (10):205-209. [曾永跃, 唐国荣, 江立庚, 等, 2016. 机插水稻缓苗期生长特点及生理机制研究 [J]. *中国农机化学报*, (10):205-209.]

ZHANG J, SHEN DB, 2013. Rice cultivation techniques under drip irrigation under mulch [J]. *Agric Technol*, (08): 82. [张杰, 沈丹波, 2013. 浅谈膜下滴灌水稻种植技术 [J]. *农业与技术*, (08):82.]

ZHANG QC, WANG GH, 2006. Yield and soil nutrient balance of hybrid rice and conventional rice under long term different level fertilization [J]. *J Plant Nutr Fert*, 12 (3): 340-345. [张奇春, 王光火, 2006. 长期不同施肥下杂交稻与常规稻的产量与土壤养分平衡 [J]. *植物营养与肥料学报*, 12(3):340-345.]

ZHANG ZS, 2012. Research and design of fertilizer mixing device for mixing and leveling machine [J]. *Agric Mech Use Maint*, (4): 66. [张占胜, 2012. 搅浆平地机配施肥装置的研究与设计 [J]. *农机使用与维修*, (4):66.]

ZHU CH, YAN J, ZHNG YP, et al. 2008. Effects of planting density and nitrogen application rate on yield and material accumulation of Japonica Rice 15 [J]. *Chin Rice*, (5): 46-49. [朱从海, 严军, 张亚平, 等, 2008. 种植密度和施氮水平对武粳 15 产量和物质积累的影响初探 [J]. *中国稻米*, (5): 46-49.]