

机械深施肥处理对超级稻产量和根系空间分布的影响

陈雄飞^{1,2} 王在满² 石庆华¹ 罗锡文^{2*} 莫钊文³ 张明华² 杨文武² 章秀福⁴

(¹ 江西农业大学/作物生理生态与遗传育种教育部重点实验室, 南昌 330045; ² 华南农业大学/南方农业机械与装备关键技术教育部重点实验室, 广州 510642; ³ 华南农业大学农学院, 广州 510642; ⁴ 中国水稻研究所, 杭州 310006;

第一作者: 121686212@qq.com; * 通讯作者: xwluo@scau.edu.cn)

摘 要: 在大田试验条件下, 以常规超级稻品种玉香油占和超级杂交稻品种天优 998 为试验材料, 研究了机械深施肥处理对超级稻产量和根系空间形态分布的影响。结果表明, 深施肥处理下超级稻品种的平均产量较人工撒施处理和深施肥处理分别提高 7.72% 和 15.37%, 差异显著, 产量提高主要得益于千粒重的提高; 深施肥处理下超级稻品种孕穗期 ≥ 15 cm 根层的根系体积较人工撒施处理提高 41.25%, 较深施肥处理提高 100.78%; 根系干质量较人工撒施处理和深施肥处理分别提高 84.11% 和 139.19%, 差异显著。深施肥处理较人工撒施处理和深施肥处理显著提高抽穗扬花期 0~5 cm 根层根系体积 (31.99% 和 42.43%) 和根系总体积 (26.60% 和 34.39%); 显著提高成熟期 ≥ 15 cm 根层的根系体积 (142.62% 和 158.56%) 和根系干质量 (104.20% 和 163.87%)。

关键词: 机械深施肥; 超级稻; 产量; 根系体积; 根系干质量; 根系分布

中图分类号: S511.062 **文献标识码:** A **文章编号:** 1006-8082(2018)06-0013-06

水稻植株主要通过根系吸收土壤中的养分, 根系是水稻生长发育的重要器官, 影响水稻地上部物质积累及水稻产量、品质的形成^[1-2]。基因和环境共同作用影响根系形态及生理特性^[3-5]。因此, 可以通过不同种植技术来调控水稻根系生长和空间分布, 进而影响水稻地上部的生长发育, 最终影响产量形成^[6-9]。凌启鸿等^[10]研究认为, 上层根量与产量呈极显著正相关, 下层根量与产量的关系随着栽培条件的不同而改变, 不同土层根系在根系生长的不同时期对水分胁迫的响应各异。另有研究表明, 同步深施肥水稻精量穴播技术可延缓植株衰老^[11], 有利于水稻增产增效^[12-15]; 浅层施肥对水稻苗期根系生长及分布的影响已有报道^[16], 然而, 同步深施肥水稻精量穴播技术对水稻根系影响的研究鲜有报道^[17], 特别是同步侧位深施肥水稻精量穴播对水稻根系空间分布动态影响的研究未有报道。

为此, 本文研究了同步侧位深施肥精量穴播方式水稻根系在不同生育期(分蘖期、孕穗期、抽穗扬花期、成熟期)的空间分布动态, 以期对同步侧位深施肥水稻精量穴播技术的高产形成、肥料高效利用, 及配套机具的推广应用提供指导。

1 材料与方法

1.1 试验材料

供试水稻品种为常规超级稻玉香油占和超级杂交稻天优 998。供试肥料为挪威复合肥, 肥料有效成分的

质量分数为: N 15%、 P_2O_5 15%、 K_2O 15%。试验机具为华南农业大学研制的行距 25 cm 的同步侧位深施肥水稻精量穴播机。

1.2 试验设计

试验于 2014 年 3 月 5 日在华南农业大学试验农场进行。试验设置 3 个处理: 机械同步侧位深施、人工撒施和不施肥。机械同步侧位深施处理采用机械播种同步一次性深施肥, 施肥量为 70 kg/667 m²; 人工撒施处理是人工习惯施肥, 即在水稻播种后秧苗长到 3 叶期时一次性施肥, 施肥量为 70 kg/667 m²。玉香油占的播种量为 3.0 kg/667 m², 天优 998 的播种量为 1.5 kg/667 m², 播种规格均为 25 cm×16 cm。小区面积 200 m², 3 次重复。

1.3 测定内容与方法

1.3.1 产量及产量构成

水稻成熟时, 根据各个小区的平均有效穗数取样 10 丛带回室内考种, 测定每穗总粒数、结实率及千粒重等性状, 并计算稻谷产量。

1.3.2 根系体积和干质量

分别于水稻分蘖期、孕穗期、抽穗扬花期、成熟期

收稿日期: 2018-07-02

基金项目: “十三五”国家重点研发计划 (2017YFD0700503-2); 江西省教育厅科技计划项目 (GJJ150418); 江西省水稻产业技术体系(JXARS)

表 1 施肥处理对超级稻产量及其构成因素的影响

施肥处理	品种	有效穗数 (10 ⁴ /hm ²)	每穗总粒数 (粒)	结实率 (%)	千粒重 (g)	产量 (t/hm ²)
机械深施	玉香油占	258.35	147.53	79.73	23.01	6.97
	天优 998	212.26	170.43	68.33	25.10	6.20
	均值	235.30 a	158.98 ab	74.03 a	24.06 a	6.58 a
人工撒施	玉香油占	236.91	144.18	77.52	22.27	5.90
	天优 998	233.70	152.02	71.90	24.81	6.32
	均值	235.30 a	148.10 b	74.71 a	23.54 b	6.11 b
不施肥	玉香油占	203.68	168.35	73.97	22.16	5.60
	天优 998	206.90	159.44	71.45	24.66	5.81
	均值	205.29 b	163.89 a	72.71 a	23.41 b	5.71 b

同列数据(平均值)后不同小写字母表示在 0.05 水平差异显著。下同。

表 2 施肥处理对超级稻分蘖期根系空间分布及总体积的影响 (cm³/丛)

施肥处理	品种	0~5 cm	5~10 cm	10~15 cm	≥15 cm	总体积
机械深施	玉香油占	8.049	3.447	1.240	0.601	13.337
	天优 998	9.441	1.773	1.073	0.510	12.797
	均值	8.745 a	2.610 a	1.156 a	0.555 a	13.067 a
人工撒施	玉香油占	9.386	2.240	0.684	0.521	12.831
	天优 998	9.520	1.781	0.875	0.452	12.627
	均值	9.453 a	2.010 a	0.779 a	0.486 a	12.729 a
不施肥	玉香油占	8.339	1.763	0.718	0.666	11.487
	天优 998	8.350	2.200	1.010	0.277	11.837
	均值	8.345 a	1.982 a	0.864 a	0.472 a	11.662 a

取样测定水稻不同根层的根系体积和根系干质量。根系取样采用土柱法,以水稻植株为中心,先割取地上部分,然后挖取 20 cm 长×20 cm 宽×25 cm 深的土柱,沿垂直方向每 5 cm 切割为 1 个层次,重复 3 次,取出的土样,用水漂洗干净,将泥土和根系分离。用吸水纸吸干根系表面水分,采用排水法测定根系体积。根系干质量:在 105 ℃烘箱杀青 30 min 后,于 80℃恒温下烘干至恒质量,用 1/100 电子天平称重。

1.4 数据处理

采用 Statistix 8 和 Excel 软件进行试验数据的处理和分析,处理间差异采用 LSD 法进行多重比较。

2 结果与分析

2.1 产量及产量构成

从表 1 可见,机械深施处理参试品种的平均产量较人工撒施处理和不施肥处理分别提高 7.72%和 15.37%,差异显著;千粒重分别提高 2.20%和 2.78%,差异显著;机械深施处理参试品种的有效穗数与人工撒施处理相当,较不施肥处理提高 14.62%,差异显著;每穗总粒数机械深施处理较人工撒施处理高,但比不施肥处理有所降低;结实率 3 个处理间差异不显著。

2.2 根系的空间分布和总体积

从表 2 可见,在分蘖期,机械深施处理较人工撒施处理提高了 5~10 cm、10~15 cm 和 ≥15 cm 根层的根系体积和根系总体积,较不施肥处理提高了各根层根系体积和根系总体积,但差异不显著。

从表 3 可见,在孕穗期,机械深施处理除了比不施肥处理 ≥15 cm 根层根系体积显著提高了 100.78%外,较人工撒施处理和不施肥处理各根层的根系体积和根系总体积的影响均不显著。

从表 4 可见,在抽穗扬花期,机械深施处理较人工撒施处理和不施肥处理显著影响 0~5 cm 根层根系体积,分别提高了 31.99%和 42.43%;显著影响根系总体积,分别提高了 26.60%和 34.39%。机械深施处理较人工撒施处理提高了 10~15 cm 和 ≥15 cm 根层根系体积,较不施肥处理提高了 5~10 cm、10~15 cm 和 ≥15 cm 根层根系体积,但差异均不显著。

从表 5 可见,在成熟期,机械深施处理显著影响成熟期 ≥15 cm 根层根系体积,较人工撒施处理和不施肥处理分别提高了 142.62%和 158.56%。除根系总体积较人工撒施处理稍有下降外,其余根层根系体积均有所提高,但差异不显著。

2.3 根系干质量的空间分布和总干质量

表 6 至表 9 表明,机械深施处理对分蘖期根系干

表 3 施肥处理对超级稻孕穗期根系体积空间分布及总体积的影响 (cm³/丛)

施肥处理	品种	0~5 cm	5~10 cm	10~15 cm	≥15 cm	总体积
机械深施	玉香油占	9.224	2.142	1.358	0.937	13.661
	天优 998	17.782	5.955	2.012	0.721	26.468
	均值	13.503 a	4.048 a	1.685 a	0.829 a	20.065 a
人工撒施	玉香油占	9.833	2.194	1.089	0.533	13.650
	天优 998	18.985	4.075	1.895	0.640	25.595
	均值	14.409 a	3.135 a	1.492 a	0.587 ab	19.623 a
不施肥	玉香油占	10.000	2.083	0.889	0.444	13.417
	天优 998	16.815	4.480	1.385	0.381	23.061
	均值	13.408 a	3.282 a	1.137 a	0.413 b	18.239 a

表 4 施肥处理对超级稻抽穗扬花期根系体积空间分布及总体积的影响 (cm³/丛)

施肥处理	品种	0~5 cm	5~10 cm	10~15 cm	≥15 cm	总体积
机械深施	玉香油占	26.691	7.127	3.825	1.905	39.549
	天优 998	32.894	8.535	3.824	2.203	47.457
	均值	29.792 a	7.831a	3.825 a	2.054 a	43.503 a
人工撒施	玉香油占	27.205	8.897	2.231	0.774	39.107
	天优 998	17.939	7.061	3.218	1.400	29.618
	均值	22.572 b	7.979 a	2.724 a	1.087 a	34.363 b
不施肥	玉香油占	27.04	6.886	3.166	1.586	38.677
	天优 998	14.794	5.944	3.595	1.730	26.063
	均值	20.917 b	6.415 a	3.381 a	1.658 a	32.370 b

表 5 施肥处理对超级稻成熟期根系体积空间分布及总体积的影响 (cm³/丛)

施肥处理	品种	0~5 cm	5~10 cm	10~15 cm	≥15 cm	总体积
机械深施	玉香油占	10.744	2.693	1.079	0.696	10.234
	天优 998	18.749	2.817	1.098	0.729	23.393
	均值	14.746 a	2.755 a	1.088 a	0.713 a	16.813 a
人工撒施	玉香油占	8.487	1.936	0.387	0.269	11.079
	天优 998	18.970	3.167	1.106	0.318	23.561
	均值	13.728 a	2.551 a	0.747 a	0.294 b	17.320 a
不施肥	玉香油占	11.291	1.485	0.565	0.221	13.562
	天优 998	13.307	2.270	0.684	0.330	16.590
	均值	12.299 a	1.877 a	0.624 a	0.276 b	15.076 a

表 6 施肥处理对超级稻分蘖期根系干质量空间分布及总干质量的影响 (g/丛)

施肥处理	品种	0~5 cm	5~10 cm	10~15 cm	≥15 cm	总干质量
机械深施	玉香油占	0.583	0.233	0.095	0.024	0.936
	天优 998	0.716	0.190	0.080	0.057	1.043
	均值	0.650 a	0.211 a	0.088 a	0.040 a	0.989 a
人工撒施	玉香油占	0.630	0.170	0.070	0.035	0.906
	天优 998	0.733	0.173	0.079	0.034	1.019
	均值	0.681 a	0.172 a	0.074 a	0.035 a	0.962 a
不施肥	玉香油占	0.624	0.152	0.052	0.052	0.881
	天优 998	0.571	0.141	0.070	0.054	0.837
	均值	0.598 a	0.147 a	0.061 a	0.053 a	0.859 a

质量空间分布和总干质量影响差异不显著，但是较人工撒施处理和不施肥处理在 5~10 cm 和 10~15 cm 根层根系干质量和根系总干质量方面具有优势。机械深施处理对孕穗期 0~5 cm、5~10 cm、10~15 cm 根层根系干质量空间分布和总干质量影响差异不显著，但是在 0~5 cm、5~10 cm 根层根系干质量和根系总干质量方面具有优势。机械深施处理对成熟期 0~5 cm、5~10 cm、10~15 cm 根层根系干质量空间分布和总干质量影响差异不显著，但是在 5~10 cm 和 10~15 cm 根层根系干质量和根系总干质量方面具有优势。机械深施处理对抽穗扬花期 0~5 cm、5~10 cm、10~15 cm 和 ≥15 cm 根层根系干质量空间分布和总干质量影响差异不显著，其中在 0~5 cm、5~10 cm 根层根系干质量和根系总干质量方面具有优势。机械深施处理对分蘖期 0~5 cm、5~10 cm、10~15 cm 根层根系干质量空间分布和总干质量影响差异不显著，但是在 5~10 cm 和 10~15 cm 根层根系干质量和根系总干质量方面具有优势。

表 7 施肥处理对超级稻孕穗期根系干质量空间分布及总干质量的影响 (g/丛)

施肥处理	品种	0~5 cm	5~10 cm	10~15 cm	≥15 cm	总干质量
机械深施	玉香油占	0.872	0.192	0.100	0.064	1.229
	天优 998	1.275	0.401	0.130	0.065	1.871
	均值	1.074 a	0.297 a	0.115 a	0.064 a	1.550 a
人工撒施	玉香油占	0.805	0.214	0.067	0.031	1.117
	天优 998	1.421	0.243	0.426	0.039	2.130
	均值	1.113 a	0.228 a	0.247 a	0.035 b	1.623 a
不施肥	玉香油占	0.884	0.152	0.063	0.031	1.129
	天优 998	1.256	0.301	0.079	0.023	1.659
	均值	1.070 a	0.227 a	0.071 a	0.027 b	1.394 a

表 8 施肥处理对超级稻抽穗扬花期根系干质量空间分布及总干质量的影响 (g/丛)

施肥处理	品种	0~5 cm	5~10 cm	10~15 cm	≥15 cm	总干质量
机械深施	玉香油占	1.777	0.930	0.379	0.146	3.232
	天优 998	4.132	1.042	0.321	0.202	5.698
	均值	2.955 a	0.986 a	0.350 a	0.174 a	4.465 a
人工撒施	玉香油占	2.865	0.861	0.386	0.068	4.181
	天优 998	1.891	0.795	0.392	0.100	3.178
	均值	2.378 a	0.828 a	0.389 a	0.084 a	3.680 a
不施肥	玉香油占	2.908	0.891	0.278	0.140	4.217
	天优 998	1.570	0.678	0.366	0.218	2.832
	均值	2.239 a	0.784 a	0.322 a	0.179 a	3.524 a

表 9 施肥处理对超级稻成熟期根系干质量空间分布及总干质量的影响 (g/丛)

施肥处理	品种	0~5 cm	5~10 cm	10~15 cm	≥15 cm	总干质量
机械深施	玉香油占	5.428	1.439	0.478	0.435	7.780
	天优 998	9.195	1.892	0.588	0.483	12.157
	均值	7.311 a	1.665 a	0.533 a	0.459 a	9.968 a
人工撒施	玉香油占	5.018	1.124	0.376	0.181	6.699
	天优 998	9.137	1.974	0.630	0.268	12.01
	均值	7.078 a	1.549 a	0.503 a	0.225 b	9.354 a
不施肥	玉香油占	6.157	1.003	0.410	0.127	7.695
	天优 998	7.083	1.534	0.496	0.221	9.334
	均值	6.620 a	1.268 a	0.453 a	0.174 b	8.515 a

干质量影响差异不显著,但是较人工撒施处理和不施肥处理显著提高≥15 cm 根层根系干质量,分别提高了 104.20%和 163.87%。

3 小结与讨论

国内外研究者从灌溉、施肥量、施肥时期等方面研究水稻根系已经非常深入^[4-5,18-19],而对于深施肥处理下水稻根系的研究报道较少。通过前期研究水稻根系分布,可利用根量分布来确定同步侧位深施肥水稻精量穴播技术的施肥深度^[17],本研究在此基础上进一步开展同步侧位深施肥技术研究,并试图分析机械同步侧位深施肥对超级稻产量和根系的影响及其关系。

本试验结果表明,深施肥处理下超级稻品种的平均产量较人工撒施处理和不施肥处理分别提高 7.72%和 15.37%,差异显著,与前人的研究结果一致^[12-15]。本

研究结果还表明,深施肥处理下超级稻的千粒重较人工撒施处理和不施肥处理分别提高 2.20%和 2.78%,原因在于同步侧位深施肥水稻精量穴播技术可延缓植株衰老,甚至能提高土壤地力^[11,13]。此外,更多原因在于根系对养分的吸收和根系的衰老情况。因此,需进一步探讨根系分布特点。

从根系分布特点而言,水稻根系较浅,85%以上的根系分布在 0~20 cm 土层^[20]。不同水稻品种的根系深扎特点不同^[21]。从整个根系在不同土层的分布情况来看,本试验研究结果与前人研究结果一致^[16,22-23]。从不同根层根系分布而言,本研究结果表明,深施肥处理下超级稻品种孕穗期≥15 cm 根层的根系体积较人工撒施处理提高 41.25%,较不施肥处理提高 100.78%;根系干质量较人工撒施处理和不施肥处理分别提高 84.11%和 139.19%。抽穗扬花期 0~5 cm 根层根系体积

深施肥处理较人工撒施处理和不施肥处理分别提高 31.99% 和 42.43%, 根系总体积分别提高 26.60% 和 34.39%; 成熟期 ≥ 15 cm 根层的根系体积和根系干质量分别提高 142.62%、158.56% 和 104.20%、163.87%。而孙浩燕等^[16]调查了苗期水稻根系特征后认为, 施肥深度 1 cm 处理根系生物量、各形态指标参数及根系吸收面积都表现出明显优势。这种结果的差异性主要在于取样时期的不同。可见, 深施肥处理调控根系空间形态分布是影响超级稻产量形成的重要原因之一。

研究结果表明, 深施肥处理下超级稻品种的平均产量较人工撒施处理和不施肥处理分别提高 7.72% 和 15.37%, 主要得益于千粒重的提高。此外, 深施肥处理下超级稻品种根系体积和干质量具有一定优势, 其中以孕穗期 ≥ 15 cm 根层的根系体积和根系干质量、抽穗扬花期 0~5 cm 根层根系体积和根系总体积、成熟期 ≥ 15 cm 根层的根系体积和根系干质量提高较显著。因此, 深施肥处理通过调控根系空间形态分布来影响超级稻产量的形成。

参考文献

- [1] Peng S B, Tang Q Y, Zou Y B. Current status and challenges of rice production in China[J]. *Plant Prod Sci*, 2009, 12(1): 3-8.
- [2] Fageria N K, Moreira A. Chapter four - the role of mineral nutrition on root growth of crop plants[J]. *Adv Agron*, 2011, 110: 251-331.
- [3] Kiba T, Kudo T, Kojima M, et al. Hormonal control of nitrogen acquisition: roles of auxin, abscisic acid, and cytokinin [J]. *J Exp Bot*, 2011, 62(4): 1 399-1 409.
- [4] 陈达刚, 周新桥, 李丽君, 等. 华南主栽高产籼稻根系形态特征及其与产量构成的关系[J]. *作物学报*, 2013, 39(10): 1 899-1 908.
- [5] 褚光, 周群, 薛亚光, 等. 栽培模式对杂交粳稻常优 5 号根系形态生理性状和地上部生长的影响 [J]. *作物学报*, 2014, 40(7): 1 245-1 258.
- [6] 林文, 李义珍, 郑景, 等. 施氮量及施肥法对水稻根系形态发育和地上部生长的影响[J]. *福建稻麦科技*, 1999, 17(3): 21-24.
- [7] 郑圣先, 聂军, 戴平安, 等. 控释氮肥对杂交水稻生育后期根系形态生理特征和衰老的影响 [J]. *植物营养与肥料科学*, 2006, 12(2): 188-194.
- [8] 代贵金, 岩石真嗣, 三木孝昭, 等. 不同耕作与施肥方法对水稻根系生长分布和活性的影响 [J]. *沈阳农业大学学报*, 2008, 39(3): 274-278.
- [9] 张耗, 徐正群, 华小龙, 等. 饼肥与无机氮肥配施对水稻根系形态生理和产量的影响[J]. *作物杂志*, 2013(4): 87-89.
- [10] 凌启鸿, 张国平, 朱庆森, 等. 水稻根系对水分和养分的反应[J]. *扬州大学学报: 农业与生命科学版*, 1990, 11(1): 23-28.
- [11] 舒时富, 唐湘如, 罗锡文, 等. 机械深施缓释肥对精量穴直播超级稻生理特性的影响[J]. *农业工程学报*, 2011, 27(3): 89-92.
- [12] 汤海涛, 马国辉, 罗锡文, 等. 水稻机械精量穴直播定位深施肥节氮栽培效果研究[J]. *农业现代化研究*, 2011, 32(1): 111-114.
- [13] 舒时富, 唐湘如, 罗锡文, 等. 机械定位深施超级稻专用肥提高土壤肥力和稻产量[J]. *农业工程学报*, 2013, 29(23): 9-14.
- [14] 潘圣刚, 莫钊文, 罗锡文, 等. 机械同步深施肥对水稻群体质量及产量的影响[J]. *华中农业大学学报*, 2013, 32(2): 1-5.
- [15] 莫钊文, 潘圣刚, 王在满, 等. 机械同步深施肥对水稻品质和养分吸收利用的影响[J]. *华中农业大学学报*, 2013, 32(5): 34-39.
- [16] 孙浩燕, 李小坤, 任涛, 等. 浅层施肥对水稻苗期根系生长及分布的影响[J]. *中国农业科学*, 2014, 47(12): 2 476-2 484.
- [17] 陈雄飞, 罗锡文, 王在满, 等. 水稻穴播同步侧位深施肥技术试验研究[J]. *农业工程学报*, 2014, 30(16): 1-7.
- [18] Yang J C, Zhang J H. Crop management techniques to enhance harvest index in rice[J]. *J Exp Bot*, 2010, 61(12): 3 177-3 189.
- [19] Liu L J, Chen T T, Wang Z Q, et al. Combination of site-specific nitrogen management and alternate wetting and drying irrigation increases grain yield and nitrogen and water use efficiency in super rice[J]. *Field Crop Res*, 2013, 12(150): 226-235.
- [20] 张玉屏, 朱德峰, 林贤青, 等. 田间条件下水稻根系分布及其与土壤容重的关系[J]. *中国水稻科学*, 2003, 17(2): 141-144.
- [21] 吴伟明, 宋祥甫, 孙宗修, 等. 不同类型水稻的根系分布特征比较 [J]. *中国水稻科学*, 2001, 15(4): 276-280.
- [22] 蔡昆争, 骆世明, 段舜山. 水稻根系的空间分布及其与产量的关系[J]. *华南农业大学学报: 自然科学版*, 2003, 24(3): 1-4.
- [23] 顾东祥, 汤亮, 徐其军, 等. 水氮处理下不同品种水稻根系生长分布特征[J]. *植物生态学报*, 2011, 35(5): 558-566.

Effects of Mechanical Deep Fertilization Treatment on Yield and Root Distribution of Super Rice

CHEN Xiongfei^{1,2}, WANG Zaiman², SHI Qinghua¹, LUO Xiwen^{2*}, MO Zhaowen³, ZHANG Minghua², YANG Wenwu², ZHANG Xiufu⁴

(¹ Key Laboratory of Crop Physiology Ecology and Genetic Breeding, Ministry of Education / Jiangxi Agricultural University, Nanchang 330045, China; ² Key Laboratory of Key Technology on Agricultural Machine and Equipment, Ministry of Education / South China Agricultural University, Guangzhou 510642, China; ³ College of Agriculture, South China Agricultural University, Guangzhou 510642, China; ⁴ China National Rice Research Institute, Hangzhou 310006, China; 1st author: 121686212@qq.com; *Corresponding author: xwluo@scau.edu.cn)

Abstract: In order to study the effects of mechanical deep fertilization treatment on grain yield and root distribution of super rice, a field experiment was conducted by using conventional super rice varieties Yuxiangyouzhan and super hybrid rice varieties Tianyou 998 as materials, the yield and its components, the root volume and dry weight of root in 0~5 cm, 5~10 cm, 10~15 cm and ≥ 15 cm soil, and total root volume and dry weight of root were study. The results showed that, compared to artificial fertilization and no fertilizer treatment, the yield of mechanical deep fertilization treatment were significantly increased by 7.72% and

(下转第 20 页)

表 4 47 个籼稻品种籽粒圆度及长宽比划分占比情况

籽粒类型	圆度范围	长/宽范围	品种占比(%)
偏圆型	0.318~0.329	3.151~3.272	10.6
中粒型	0.248~0.303	3.448~4.124	85.1
长粒型	0.202~0.216	4.763~5.082	4.3

3 讨论

吴琼^[5]的研究表明,籽粒长度对籽粒千粒重、面积和长宽比均有正面影响,宽度对长宽比有负面影响,与本文籽粒性状相关性研究结果一致。周海庆^[6]进行了水稻粒形遗传方面的研究,揭示了水稻籽粒性状的一般遗传规律,同时也得出了一些籽粒性状的基因定位。但宫李辉等^[7-8]研究阐述了水稻粒形的遗传是多基因共同作用的数量性状遗传,相对于单一基因控制的性状,研究要相对复杂。张卫星等^[9]研究了不同水分条件下水稻籽粒形态及其与粒重的关系表明,环境条件也会对籽粒性状产生影响。王嘉宇等^[10]对水稻穗不同部位的籽粒品质性状差异进行比较研究,指出稻穗不同部位的籽粒性状也会出现差异。因此,对于水稻籽粒性状的遗传规律还需进一步研究。而本实验利用 47 个长江中下游大面积应用的籼稻品种,对其籽粒性状的变异和相关性进行分析,得出圆度与千粒重存在显著负相关,与

宽度呈极显著正相关,与长度、长宽比和面积都存在极显著负相关。因此,可以按照圆度这一相对稳定的籽粒性状对籽粒粒型进行划分,为水稻不同品种籽粒性状的判断标准提供了分类依据。

参考文献

[1] 周广生,靳德明,梅方竹. 水稻孕穗期干旱对籽粒性状的影响[J]. 华中农业大学学报,2003,22(3):219-222.
[2] 黄招德. 水稻籽粒性状的遗传分析及粒长基因 *GL-2* 的定位[D]. 福州:福建师范大学,2008.
[3] 陈氏秋江,党小景,刘强明,等. 水稻籽粒性状的 SSR 关联分析[J]. 中国水稻科学,2014,28(3):243-257.
[4] 高维维,陈立凯,胡朝旭,等. 基于籼粳杂交重组自交系的水稻籽粒性状的遗传变异研究 [J]. 西北农业学报,2016,25 (7):979-988.
[5] 吴琼. 水稻籽粒性状的遗传研究[D]. 延吉:延边大学,2012.
[6] 周海庆. 水稻粒形及千粒重的遗传研究 [D]. 延吉: 延边大学, 2014.
[7] 宫李辉,高振宇,马伯军,等. 水稻粒形遗传的研究进展[J]. 植物学报,2011,46(6):597-605.
[8] Yu Y H, Xie H J, Tang G H. Progress of genetic research on grain shape in rice[J]. *Agric Sci Technol*, 2009, 10(5): 1-5.
[9] 张卫星,朱德峰,徐一成,等. 不同水分条件下水稻籽粒形态及其与粒重的关系[J]. 作物学报,2008,34(10):1 826-1835.
[10] 王嘉宇,徐正进,张世春,等. 水稻穗不同部位籽粒品质性状差异的比较[J]. 华北农学报,2008,23(1):96-100.

Analysis of Grain Characters of *Indica* Rice Varieties in the Middle and Lower Reaches of Yangtze River

HU Guohui, ZHU Defeng, CHEN Huizhe, XIANG Jin, ZHANG Yikai, ZHANG Yuping*

(China National Rice Research Institute/State Key Laboratory of Rice Biology, Hangzhou 310006, China; 1st author: 229387537@qq.com; *Corresponding author: cnrizyp@163.com)

Abstract: Grains of 47 main varieties in the middle and lower reaches of Yangtze River were used as materials in this research, the statistics of each grain character were output by the automatic seed test analysis and 1 000 grain weight instrument. The results showed that, the correlation between length-width ratio and roundness is greatest among grain characters, the correlation index is -0.98. According to the roundness, grains of rice could be divided into 3 types, the circular type's roundness is more than 0.303, the oval type's is between 0.248 and 0.303, the long type's is less than 0.248.

Key words: rice; varieties; grain characters; roundness

·····
(上接第 17 页)

15.37% respectively, as a consequence of 1 000-grain weight significantly increased. At booting stage, the root volume of ≥ 15 cm soil of mechanical deep fertilization treatment was increased compared to artificial fertilization treatment, root volume was increased by 100.78% significantly compared to no fertilizer treatment; total root dry weight was significantly improved by 84.11%(compared to artificial fertilization treatment)and 139.19% (compared to no fertilizer treatment). At flowering stage, the root volume at 0~5 cm soil of mechanical deep fertilization treatment was significantly increased by 31.99% (compared to artificial fertilization treatment) and 42.43% (compared to no fertilizer treatment), the total root volume was significantly enhanced by 26.60% (compared to artificial fertilization treatment) and 34.39% (compared to no fertilizer treatment). At mature stage, the root volume at ≥ 15 cm soil of mechanical deep fertilization treatment was significantly increased by 142.62% (compared to artificial fertilization treatment) and 158.56% (compared to no fertilizer treatment), the total root dry weight was significantly enhanced by 104.20% (compared to artificial fertilization treatment) and 163.87% (compared to no fertilizer treatment).

Key words: mechanical deep fertilization; super rice; yield; root volume; root dry weight; root distribution