

上海水稻精量机械穴直播技术研究与應用

王新其¹ 甘俊彦² 朱敏² 赵志鹏³ 李茂柏⁴ 周德平¹ 曹黎明¹

(¹上海市农业科学院 作物育种栽培研究所, 上海 201403; ²上海市农业机械鉴定推广站, 上海 201601; ³上海市农业科技服务中心, 上海 200335; ⁴上海市种子管理总站, 上海 201103; 第一作者: wxqsaas@163.com; * 通讯作者: clm079@163.com)

摘 要:以上海地区主推水稻品种为材料, 在精量机械穴直播条件下, 开展了不同类型水稻品种的小区试验和示范, 明确了精量机械穴直播水稻的生育特性、抗倒伏性、群体建成和产量表现, 并分析了采用水稻精量机械穴直播后土壤的微生物群落结构的变化和水稻生产经济效益。试验示范结果表明, 精量机械穴直播水稻生育期明显缩短, 单株分蘖力强, 群体结构合理, 穗粒结构协调, 干物质积累多, 抗倒能力较强, 增产优势明显, 节本低耗, 生产效率显著提高, 是目前极具生产潜力的一种新型高效低耗种植模式, 适合上海都市农业发展的需求, 也顺应了水稻低碳种植发展趋势, 具有广阔的应用前景。

关键词:精量机械穴直播技术; 水稻; 产量; 高效低耗

中图分类号:S511.042 **文献标识码:**A **文章编号:**1006-8082(2017)04-0168-05

直播稻是一项比较原始的稻作方式, 至汉代开始才有育苗移栽^[1]。20 世纪 60 年代上海郊区曾出现水稻直播种植方式, 但当时因草害、倒伏及除草剂的使用限制等原因, 中止了直播稻的发展。80 年代末, 随着农村劳动力结构发生变化, 上海水稻栽培方式开始向优质、高产、高效方向转变。水稻出现了多样化的轻简栽培方式, 如浅旋耕旱直播、抛秧、人工撒播、机械条直播等^[2-7]。因直播稻具有省力省工、成本低等生产特点, 已逐步取代了移栽稻。但在直播稻生产过程中, 存在播量控制不易、种子播撒不匀、草害发生严重和栽培技术性较强不易掌握等问题, 常导致水稻生产产量和效益下降。

水稻精量机械穴直播是利用机械穴播机按规定株行距及播量, 在大田直接精量成穴播种的水稻播种方式。与机插稻相比, 因省去了育秧和移栽环节, 具有省工、节本、机械作业效率高等特点, 增产增效优势明显, 备受水稻生产者青睐。上海地区自 2011 年引进该项技术以来, 对品种类型的选择^[8]、密度和株行距配置^[9-11]、土壤微生物群落结构^[10]、肥料运筹^[11-13]等方面进行了试验研究, 并对水稻的生长特性、群体冠层光的截获等方面做了探索^[14-15], 水稻精量穴播机械化技术体系日趋完善, 辐射区域不断扩大, 取得了较好的成效。现将近年来上海地区水稻精量机穴播的生产技术应用研究总结如下。

1 试验示范概况

试验示范时间为 2011-2016 年, 以近年来上海市主推的优质高产水稻品种为试验示范品种, 主要有花

优 14、申优 17、秀水 114、秀水 123、秀水 134、宝农 34 和南粳 9108 等。以人工撒播、机条播和机械移栽作对照。精量机穴播播种机型选用华南农大研发的 2BD-10 型或改良型(由上海世达尔现代农机有限公司生产)精量穴播机。肥料运筹、病虫草害及水浆管理基本参照面上常规生产。

2 试验示范综合表现

2.1 水稻精量机穴播技术优势

2.1.1 简化作业程序, 节本省工

水稻机械移栽(机插秧)种植方式, 农艺作业环节较多, 一般需经过秧田耕整、床土准备、浸种催芽、播种暗化、育秧管理、大田耕整、起秧机插等多个环节, 不仅耗时长、用工大, 设备投入也较高。而精量机穴播仅需耕整地、催芽播种环节, 有效精简了作业环节, 操作也简便, 降低了设备和用工成本。据张平向等^[16]试验示范比较结果, 水稻穴播机每次作业大约需要 1.5 个人力, 而机插秧由于搬运、安装秧盘等环节, 单次作业就需要 6.0~7.0 个人力。据测算, 水稻机穴播每 667 m² 只需 0.1

收稿日期: 2017-06-23

基金项目:上海市农业科学院卓越团队建设(农科创 2017A-05); 上海市科委科技支撑(16391904200); 上海市科技兴农成果转化项目[沪农科转字(2012)第 1-2 号]; 上海市科委崇明专项(10DZ1960100); 上海市科技兴农推广[沪农科转字(2015)第 4-2 号]; 上海市水稻产业体系建设(2011-2015)

个工时,工效分别是人工直播和机插秧的3倍和8倍^[17]。与人工直播比较,机穴播每667 m²约节省种子0.5~1.0 kg,节本省工优势明显。

2.1.2 增产增效

试验示范结果表明,1台穴播机1d播种面积可达5.34 hm²。如采用带肥装置的穴播机将基肥随种下施,既省去了人工施基肥的作业,又有效提高了肥料利用率,整体机械化作业水平得到提升,明显提高了工效。机穴播因播种均匀,成行成穴,通风透光性好,病虫害发生轻,地上部植株之间遮荫小,叶片受光率高,田间生长条件优越,同时具有低位分蘖多、分蘖力强、茎秆粗壮、成穗率高等优势,产量比人工撒播和机条播普遍增加。徐钟欢等^[8]以花优14为材料进行机穴播,与机插移栽相比,产量表现基本接近或略微增产,比人工撒播增产9.7%。沈才标等^[18]以常规稻品种秀水114和宝农34进行机穴播试验,结果发现机穴播比人工直播、机条播分别增产51.4 kg/667 m²和37.4 kg/667 m²,增幅为9.1%和6.4%。据曹黎明^[19]研究显示,不同种植方式成本投入依次为机插移栽>机条播>精量机穴播>人工撒播,从产投比看,精量机穴播最高为2.23,其次是机插移栽为2.03,人工撒播和机条播分别为1.98和1.97。据松江区2015年机穴播示范测产结果显示,常规品种平均单产672.1 kg/667 m²,比人工撒播的600.0 kg/667 m²增产了12.0%。2015年,上海农业部门组织有关专家对5个机械穴直播示范方进行实割测产,杂交稻单产均在650.0 kg/667 m²以上,其中奉贤示范方平均单产792.9 kg/667 m²;常规稻单产均在625.0 kg/667 m²以上,其中,松江示范方平均单产达到680.0 kg/667 m²。精量机穴播技术增产增效优势明显。

2.1.3 土壤微环境优化

土壤微生物群落结构是指在一定区域内或生态环境下,土壤微生物组成、数量及相互关系,其结构组成及活性变化是衡量土壤质量、维持土壤肥力和作物生产力的一个重要指标。周德平等^[10]在水稻直播方式下(机穴播、机条播和人工撒播),研究了稻田土壤微生物种群数量、区系、功能微生物类群间的差异,并分析了土壤微生物生态差异与土壤化学性状的相关性。结果显示,不同水稻直播方式不同生育期土壤可培养微生物总数波动较大,但B/F值(土壤细菌与真菌的数量比值)的趋势则保持相对稳定,人工撒播和精量机穴播处理在土壤微生物区系结构平衡上优于机条播。土壤微生物代谢活性分析结果显示,不论水稻分蘖盛期,还

是孕穗期,虽然人工撒播AWCD值(每孔平均光密度)初期上升相对较快,但精量机穴播的多样性指数更高。在土壤微生物群落结构和种群比例上,人工撒播和精量机穴播要优于机条播处理;而精量机穴播处理的土壤微生物代谢类群多样性指数则相对更高,又优于人工撒播。

2.2 精量机穴播水稻发育特性

2.2.1 生育期

精量机穴播水稻因省去了育秧环节,没有移栽伤根伤苗现象,无活棵返青(缓苗)期,全生育期明显缩短。曹秀娟等^[20]在同期播种试验中,秀水134机穴播的各个发育阶段均较人工撒播提早2~3 d。沈才标等^[18,21]研究结果显示,同品种水稻在机条播、机穴播和人工撒播下生育进程差异不大。沈庆雷等^[14]以淮稻45和南粳9108为材料进行比较试验,结果发现,机穴播较机械水直播全生育期延迟2 d左右。2012年不同栽培方式生育期比较试验结果显示,采用机穴播的花优14全生育期比采用机插移栽缩短12 d左右,主茎总叶片数减少1张。由此表明,不同类型水稻品种的生育期在机条(穴)播及人工撒播方式中差异不明显,但与机插移栽相比明显缩短,成熟期提早,有效缓解了上海地区水稻前后季茬口紧张的矛盾。

2.2.2 群体茎蘖及成穗率

沈才标等^[18]对人工撒播、机条播和机穴播进行了比较试验,结果表明,机穴播的水稻群体分蘖力较强,有效带蘖比机条播多1.3个,而人工撒播单株带蘖仅0.8个,不利于形成健壮的个体。沈庆雷等^[14]研究结果显示,机穴播高峰苗数及有效穗数低于机条播,而茎蘖成穗率呈相反规律,机穴播的成穗率要比机条播高1.0%~2.0%。2014年水稻不同种植方式比较试验结果表明,杂交粳稻花优14机穴播单株分蘖力较强为4.6个,机条播为3.4个,而机插移栽和人工撒播均为3.1个;机穴播的单株有效茎蘖数最高达到2.2个,机插移栽为1.9个,机条播1.6个,人工撒播1.2个;机穴播的成穗率为59.5%,较机条播(58.2%)和人工撒播(54.2%)略高,但差异较小,机插移栽由于群体的高峰苗数较低,故群体成穗率最高达到71.2%。

由此表明,机穴播群体田间分布均匀,茎蘖消长较平稳、个体健壮,群体自我调节能力较强,成穗率高于其他直播方式,有利于丰产丰收。

2.2.3 抗倒性

倒伏是直播稻发展的一个重要障碍因素。沈庆雷

表 1 水稻不同栽培方式的穗粒结构比较

品种	栽培方式	有效穗数 (万/667 m ²)	总粒数 (粒/穗)	实粒数 (粒/穗)	结实率 (%)	千粒重 (g)	产量 (kg/667 m ²)
花优 14	机穴播	19.2	146.4	134.3	91.8	28.8	678.1
	人工撒播	22.1	140.2	119.4	85.0	27.0	639.4
	机插移栽	18.8	157.6	146.1	92.8	26.6	671.4
秀水 134	机穴播	21.0	138.1	129.5	93.7	25.9	661.8
	人工撒播	25.9	111.4	97.1	89.6	25.8	589.8
	机条播	24.9	103.7	93.8	95.4	25.5	584.8
	机插移栽	19.7	143.5	131.1	96.9	25.9	620.1

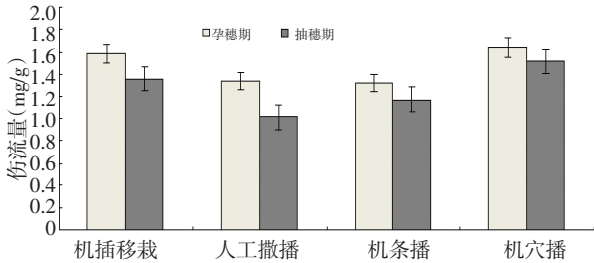


图 1 水稻不同种植方式植株伤流量差异比较

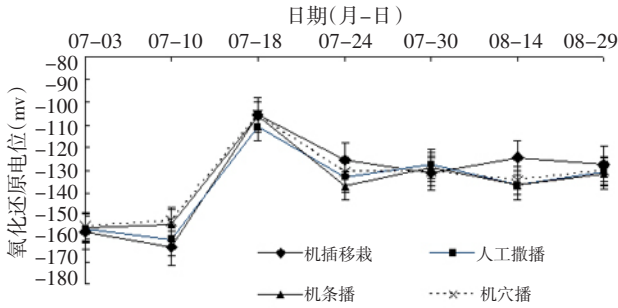


图 2 不同种植方式土壤氧化还原电位动态变化

等^[14]研究显示,南粳 9108 机条播发生倒伏的风险要高于机穴播,这是因为机穴播水稻根系入土相对较深,通风透光条件较好,单株生长健壮,抗倒能力明显增强。2012 年杂交粳稻花优 14 植株伤流量比较结果(图 1)显示,在水稻生育后期(孕穗期和抽穗期),不同种植方式处理植株伤流量孕穗期均高于齐穗期,其中机穴播植株的伤流量最高,但与机插移栽接近。由此表明了精量机穴播栽培方式在孕穗至抽穗期水稻植株代谢能力要强于其他种植方式,从而也显示了其群体根系发达、抗倒性增强的技术优势。2013 年不同种植方式土壤氧化还原电位(Eh)测定结果(图 2)显示,在水稻苗期至分蘖高峰期,机穴播 Eh 值明显高于其他 3 种植方式,表明土壤通气性相对较好,有利于机穴播前期水稻根系的发育,这也是精量机穴播水稻抗倒性增强的一个重要依据。

2.2.4 叶面积动态、干物质生产分配

杂交粳稻花优 14 和申优 17 试验示范结果显示,

650~700 kg/667 m² 产量水平群体在各生育期的叶面积指数一般为:苗期 1.2 左右,分蘖高峰期 4.0~4.3,孕穗期 8.5~9.2,齐穗期 7.2~7.4。水稻精量机穴播与其他播栽方式一样,其全生育期叶面积动态表现前期较小,中期增长迅速,后期下降缓慢的特点。从分蘖高峰期至孕穗期,叶面积增加较快,从孕穗至齐穗期叶面积下降但比较平缓;曹黎明等^[19]研究结果显示,杂交粳稻花优 14 在营养生长期群体干物质生产、积累主要集中在叶片和茎鞘中,且增加迅速,其后干物质向穗部转运,茎鞘的干物质积累也趋缓。机穴播花优 14 高产群体在苗期干物质积累较低,占成熟期干物质质量的 10%左右,在拔节期和齐穗期占成熟期总干物质质量分别为 20%和 70%。精量机穴播水稻群体前期明显低于同期机插移栽相应值,后期则基本接近或超过。因此,精量机械穴直播水稻干物质生产,虽然前期基础群体小,绿叶面积少,但中期后分蘖成苗多,叶面积增长快,叶片寿命长,从而提高了中后期的光合生产率和干物质转运效率,为稳产高产奠定了物质基础。

2.3 产量和产量构成因素

近年来的机穴播试验示范结果表明,在不同种植方式中,杂交稻花优 14 有效穗数差异较小,一般在 18~22 万/667 m²;但单位面积有效穗数最多为人工撒播,最少为机插移栽;穗实粒数最高为机插移栽,达到 146.1 粒,机穴播为 134.3 粒,最少为人工撒播仅 119.4 粒;机穴播的千粒重最高为 28.8 g,机插移栽最低为 26.6 g。最终机穴播与机插移栽产量水平相当,产量最低的是人工撒播。在不同种植方式中,常规稻秀水 134 的表现同杂交稻花优 14 一样,也是机穴播产量明显高于其他播种方式(表 1)。由此表明,水稻精量机穴播是比较适合常规稻生产的一种栽培方式。

对杂交粳稻花优 14 进一步分析不同产量水平的穗粒特点,结果(表 2)表明,产量大于 700 kg/667 m²,群体的穗粒结构相对协调,其单位面积有效穗数达到 19~20 万/667 m²,实粒数和千粒重均也达到较高的水

表 2 杂交稻花优 14 机穴播各产量水平穗粒结构差异

产量水平	有效穗数 (万/667 m ²)	总粒数 (粒/穗)	实粒数 (粒/穗)	结实率 (%)	千粒重 (g)	产量 (kg/667 m ²)
<600	17.60	136.50	115.50	85.2	28.20	553.20
600-700	19.17	149.18	137.12	92.0	28.76	653.24
>700	19.80	144.68	135.77	93.8	29.25	774.79
均值	19.19	146.43	134.32	91.8	28.84	678.14

平。而产量小于 600 kg/667 m²,群体有效穗数偏少,实粒数偏低,千粒重也较低。产量因子分析表明,不同类型水稻品种的产量构成因素对产量的贡献趋势表现一致,即有效穗数>穗粒数>结实率>千粒重,但贡献率大小差异较大。机穴播常规稻秀水 134 群体有效穗数对产量贡献率达到 63.7%,比杂交稻花优 14 高 20.9%。因此,常规稻获得高产主攻目标为单位面积有效穗数,其次为穗粒数,而结实率与千粒重对产量的贡献差异很小。而精量机穴播杂交稻花优 14 在稳定有效穗数的基础上,应主攻实粒数,才能达到高产水平,发挥该品种在机穴播条件下潜在增产潜力。

3 结论与讨论

水稻精量机穴播技术是一种高效轻简栽培方式,但对整地质量和田间湿度要求较高,播后保苗和全苗至关重要。如播后遇到连续阴雨天气,会影响到田间出苗率,增加断行和缺穴的比例,难以形成预期合理群体结构。因此,在整地质量尚未达到机穴播要求的区域应因地制宜逐步推广精量机穴播技术,保持一定面积机插移栽稻,力求按比例平衡发展,保障水稻精量机穴播技术有序推进。

选择适宜的水稻品种是实现精量机穴播技术应用的一个重要配套农艺环节。但目前针对机穴播的品种选育相对滞后,试验示范的品种主要是从机插移栽品种中筛选。由于水稻同品种机穴播后,与机插移栽相比,其株高、生育期、分蘖及穗型等众多农艺性状都发生了一定的变化^[22-24],适宜机插的品种不一定就适宜机穴播。根据试验结果,选育株高在 90~100 cm 之间,分蘖力中等,基部茎秆坚韧抗倒性好的中穗或大穗型杂交稻新品种,可以减少或避免天气和农艺管理不当而产生的倒伏风险,充分发挥精量机穴播技术在杂交稻品种上的潜力优势。

本研究在分析机穴播水稻的产量构成因素对产量贡献率显示,不同类型水稻品种其产量构成因素对产量的贡献趋势一致,但水稻群体产量因素对产量的贡献率差异较大。常规稻获得高产主攻方向为单位面积

有效穗数,其次为实粒数,而结实率和千粒重影响较小,在农艺管理措施上显得比较简单化;杂交稻则除了保证一定的有效穗数外,其实粒数和千粒重也是提高单产的重要管理目标。故杂交稻获得高产对机穴播配套农艺技术要比常规稻复杂,这也是机穴播技术在杂交稻应用受限的一个重要因素。

精量机穴播技术相比其他直播方式而言,能使水稻在保证适宜群体的基础上,充分发挥个体生长潜力和产量优势。不同类型水稻品种试验结果证实,精量机穴播技术相对适合常规稻品种,在生产示范中也以常规稻品种为主,且与机插移栽相比增产优势明显。不同类型的水稻品种在群体结构和建成目标存在差异,杂交稻类型品种的基本苗群体比常规稻品种要少,播种量要求较少,而目前的农机具播量依旧偏高,表明其农艺需求与机穴播的播种工艺之间尚存在一定距离,也导致精量机穴播技术在杂交稻品种上应用有限。因此,如何更加合理的地控制杂交稻的播量,是农机农艺深度融合的课题,也是机穴播农机具播种工艺改进研发的重要关节点。

参考文献

[1] 陈健. 水稻栽培方式的演变与发展研究 [J]. 沈阳农业大学学报, 2003,34(5):389-393.

[2] 蔡意中. 水稻稳产、高效轻型栽培技术研究 [J]. 上海农业科技, 1989(4):12-13.

[3] 陈娟,袁银良. 直播稻栽培试验[J]. 上海农业科技,1989(2):44-45.

[4] 顾春军,王治雄,戴国忠. 水稻不同播种方式对产量影响试验[J]. 上海农业科技,2012(3):46.

[5] 唐雅莹,王平裕,曹晓利,等. 水稻规模化生产不同种植方式的经济分析[J]. 上海农业学报,2013,29(3):44-48.

[6] 沈小燕,顾建人. 水稻精量机条播高产栽培技术初探[J]. 上海农业科技,2010(5):58.

[7] 曹秀娟,张 珍,顾春军. 杂交粳稻“嘉浦优 608”人工直播最佳播量研究初探[J]. 上海农业科技,2015(4):46.

[8] 徐钟欢,樊佳樱,顾志平,等. 机械化穴播技术在不同水稻类型上的应用研究[J]. 农业技术装备,2016(8):82-84.

[9] 赵志鹏,曹黎明,王新其,等. 氮素与密度处理对水稻精量穴直播群体特征及产量结构的影响 [J]. 上海交通大学学报: 农业科学

- 版, 2014, 32(2): 68-73.
- [10] 周德平, 曹黎明, 褚长彬, 等. 水稻不同直播方式下土壤微生物群落结构差异研究[J]. 上海农业学报, 2014, 30(2): 73-78.
- [11] 陈祥. 水稻精量穴直播机械化技术的试验与研究[J]. 农业开发与装备, 2014(6): 67-68.
- [12] 朱敏, 王在满, 夏海荣, 等. 水稻精量穴播机适用性优化设计和试验[J]. 农业开发与装备, 2016(12): 107-108.
- [13] 朱敏, 王在满, 张明华, 等. 不同机械化栽种技术在水稻特早稻品种上的应用试验[J]. 农业开发与装备, 2017(1): 93-94.
- [14] 沈庆雷, 袁晓明, 杜斌, 等. 水稻机械穴直播技术优势研究[J]. 现代农业科技, 2015(1): 49, 51.
- [15] 王新其, 赵志鹏, 李国梁, 等. 水稻机穴播密度对群体冠层光截获及产量构成影响[J]. 上海农业学报, 2017, 33(1): 35-40.
- [16] 何定明, 胡立刚, 刘振远. 上海水稻机械化穴直播异军突起[N]. 农民日报, 2016-8-25(08).
- [17] 水稻机械穴直播技术实现重大突破 [EB/OL]. <http://www.nongjx.com/News/Detail/45936.html>.
- [18] 沈才标, 王驾清, 孙祖高, 等. 水稻精量穴直播机的引进及应用初探[J]. 上海农业科技, 2012(3): 36-38.
- [19] 曹黎明. 上海粳稻低碳高产种植模式研究[D]. 南昌: 江西农业大学, 2014.
- [20] 曹秀娟, 张珍, 季青. “秀水 134”机穴播不同种植密度试验初报[J]. 上海农业科技, 2016(4): 55, 85.
- [21] 顾春军, 王治雄, 戴国忠. 水稻不同播种方式对产量影响试验[J]. 上海农业科技, 2012(3): 46.
- [22] 陈兴国, 梅少华, 查向斌, 等. 水稻机械精量穴直播技术应用与示范[J]. 湖北农业科学, 2010, 49(5): 1 038-1 041.
- [23] 唐雅堂, 王平裕, 曹晓利, 等. 水稻规模化生产不同种植方式的经济分析[J]. 上海农业学报, 2013, 29(3): 44-48.
- [24] 胡友发, 刘方义, 刘美仁. 水稻直播栽培的风险与防范[J]. 江西农业学报, 2009, 21(10): 149-150.

Research and Application of the Rice Precision Hill-drop Drilling Technology in Shanghai

WANG Xinqi¹, GAN Junyan², ZHU Ming², ZHAO Zhipeng³, LI Maobai⁴, ZHOU Deping¹, CAO Liming^{1*}

(¹ Crop Breeding and Cultivation Research Institute, Shanghai Academy of Agricultural Sciences, Shanghai 201403, China; ² Shanghai Agricultural Machinery Appraisal and Promotion Station, Shanghai 201601, China; ³ Shanghai Municipal Agricultural Science & Technology Service Centre, Shanghai 200335, China; ⁴ Seed Management Station of Shanghai, Shanghai 201103, China; 1st author: wxqsaas@163.com; *Corresponding author: cml079@163.com)

Abstract: In order to clarify the growth features, lodging resistance, population formation and yield performance of mechanical precision hill-drop drilling rice, the experiment and demonstration of different types of rice varieties were carried out using the main rice variety in Shanghai as materials. The economic benefits and the changes of microbial population of soil after using the mechanical precision hill-drop drilling technique were analyzed in this study. The results showed that the mechanical precision hill-drop drilling rice has the characteristics of the shorter period of rice growth, the more tillers per plant, the suitable plants per block, the more weight of dry matter, the higher yield and the less cost. This technique showed high efficiency and less energy, thus it is possible to be populized in the rice production. This method is expected to meet the agricultural requirement in the city. Moreover, it leads to less carbon emission and has broad application prospect.

Key words: mechanical precision hill-drop drilling technique; rice; yield; high efficiency; less energy

(上接第 167 页)

Effects of Sowing Date on Grain Yield and Quality of Purple Rice

WEN Hao¹, LU Haoyu¹, YI Zhenxie^{1*}, ZHOU Tiejun²

(¹ College of Agronomy, Hunan Agricultural University, Changsha, Hunan 410128, China; ² Hunan Liangtian Agricultural Science and Technology Development Co., Ltd, Changsha, Hunan 410007, China; 1st author: hunauwenhao@163.com; *Corresponding author: yizhenxie@126.com)

Abstract: A field experiment was carried out to study the effects of different sowing dates on grain yield and quality of purple rice Liangtianzi 1 in Changsha region. The results showed that the whole growth period of Liangtianzi 1 was shortened with the delay of sowing date. The effective panicles, grains per panicle, seed setting rate and yield were significantly increased with the delay of sowing date, and the yield of May 31st treatment was 4 693 kg/hm². Rice quality of purple rice was affected by sowing date. The treatment with the best milling quality was May 11st treatment, and the next was May 21st treatment. The highest content of amylose, crude protein and Se in grain was gained with May 21st treatment, while the highest content of Zn in grain was gained with May 31st treatment. Comprehensively, the optimal sowing date of Liangtianzi 1 for higher yield and fine quality in Changsha region was May 21st to May 31st.

Key words: purple rice; sowing date; grain yield; rice quality