

# 安徽沿江地区机插单季稻高产高效肥料运筹研究

钱晓华<sup>1</sup> 胡仁健<sup>2</sup> 常江<sup>3</sup> 单梦超<sup>1</sup> 胡荣根<sup>1</sup> 孙义祥<sup>4</sup> 刘枫<sup>4</sup> 周学军<sup>5</sup>

(<sup>1</sup> 安徽省土壤肥料总站, 合肥 230001; <sup>2</sup> 安徽省池州市贵池区土肥站, 安徽 池州 247100; <sup>3</sup> 安徽农业大学, 合肥 230036; <sup>4</sup> 安徽省农科院土肥所, 合肥 230031; <sup>5</sup> 安徽省太湖县土肥站, 安徽 太湖 246400)

**摘 要:**根据机插水稻的生育特点,在安徽沿江地区开展了机插单季稻高产高效肥料运筹试验。结果表明,控氮减磷增钾配方施肥技术适合机插水稻,其措施主要包括:氮肥基施量应控制在 108 kg/hm<sup>2</sup> 以内,氮肥基肥、分蘖肥、穗肥比例为 4:4:2;磷肥基肥、穗肥比例为 8.5:1.5;钾肥基肥、穗肥比例为 7:3 或 4.6:5.4。当目标产量为 9 000~9 750 kg/hm<sup>2</sup> 时,机插一季稻配方施肥推荐用量为:每 hm<sup>2</sup> 施 N 195~210 kg、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 72 kg、K<sub>2</sub>O 120 kg。穗肥氮、磷、钾肥分别占其总量的 20%、15%、54%时,机插稻群体和产量构成较合理,有利于高产高效。机插一季稻群体生长量大、生育期较长、耗钾量多,穗期补施钾肥是一项有效的增产措施。

**关键词:**机插;水稻;高效;肥料运筹

**中图分类号:**S511.062 **文献标识码:**B **文章编号:**1006-8082(2016)06-0071-05

水稻是安徽省主要粮食作物之一,常年种植面积 230 万 hm<sup>2</sup> 左右,占粮食作物播种面积的 33.3%,年生产稻谷 1 580 万 t,占粮食作物总产量的 47.1%,占全国水稻总产量的 8.8%,位居全国第 5 位。据统计,近年安徽省水稻机插面积已超 66.7 万 hm<sup>2</sup>,占水稻播种面积的 30% 左右。有关常规栽培条件下,水稻氮磷钾的吸收特点与高产施肥特性的研究报道较多<sup>[1-9]</sup>,围绕机插模式下的农艺措施及肥料运筹研究也很多<sup>[10-13]</sup>,但有关高产施肥条件下机插水稻养分吸收量、养分吸收效率和稻米品质的研究不多。开展沿江地区机插单季稻的高产高效施肥及农机农艺配套研究,对促进安徽省水稻生产高产稳产意义重大。以往沿江稻区一季稻高产施肥方面的试验研究较多,尤其是水稻在 9 000~9 750 kg/hm<sup>2</sup> 目标产量下的推荐施肥<sup>[4]</sup>和无机氮供应特征<sup>[14]</sup>等对水稻种植生产的指导作用很大。根据本省水稻高产配方施肥试验研究结果,本文以安徽沿江地区 2013-2015 年多地机插单季稻高效施肥试验结果为基础,分析了机插单季稻肥料运筹对产量形成及养分吸收的影响,为提高机插水稻肥料利用率和产量提供科学施肥指导依据,并促进机插水稻农机农艺的结合。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验概况

试验地点位于贵池、巢湖、广德、霍山、潜山、芜湖、肥西、宁国、含山、桐城、庐江、和县等 12 个县(区)。前茬多为油菜、小麦,少数是绿肥、空闲田。水稻品种为当地主栽杂交中籼稻。空闲田播种期在 4 月 25 日左右,

午季茬口播种期在 5 月 20 日左右。均采用乘坐式高速插秧机(如井关 PZ60DT)进行机插,移栽规格 30 cm×(13~14) cm,每丛 3~4 苗,基本苗 86.4 万/hm<sup>2</sup> 左右。土壤类型主要有马肝田、灰泥田、沙泥田等,土壤肥力水平中等偏上,详见表 1。

### 1.2 试验方法

#### 1.2.1 肥料品种

肥料选择 45%(18-12-15)配方复合肥和缓释尿素(含 N≥43%)。机插秧前,做区组条埂后,各处理每 hm<sup>2</sup> 统一施用配方肥 375 kg 作基肥。插秧后做小区子埂,再根据不同处理要求配施不同用量和比例的氮磷钾肥。

#### 1.2.2 肥料施用方法

试验化肥总量控制在 388.5~403.5 kg/hm<sup>2</sup>。根据试验地低钾和氮、磷中等水平条件,设定水稻产量大于 9 000 kg/hm<sup>2</sup> 的施肥配方。磷肥一次性基施,氮肥和钾肥分期施用。第 1 次分蘖肥(氮、钾)在移栽后 5~7 d 施用,第 2 次分蘖肥(氮)在移栽后 12~15 d 施用,穗粒肥在基部第 1 节间定长时施用。移栽后 35~40 d 左右搁田。

#### 1.2.3 试验设计

本研究设 5 个处理,处理 1 为对照,处理 5 为缓释肥处理。3 次重复,小区随机排列,小区积 30 m<sup>2</sup>。小区间用薄膜覆埂,单灌单排。成熟后单收单晒,分别称重。

收稿日期:2016-08-03

表 1 安徽省机插水稻高产高效肥运筹试验田土壤养分情况

养分	平均	标准差	最小值	最大值	观测数
有机质(g/kg)	25.9	7.05	15.3	43.9	21
全氮(g/kg)	1.43	0.31	1.01	1.95	21
速效磷(mg/kg)	10.5	2.80	5.6	18.9	21
速效钾(mg/kg)	92.0	27.6	46.0	147	21
pH	5.9	0.39	5.3	6.6	21

表 2 养分运筹设计

处理	养分运筹比例(%)									养分施用量 (kg/667 m <sup>2</sup> )		
	N				P		K			N	P	K
	基肥	分蘖肥第 1 次	分蘖肥第 2 次	穗肥	基肥	穗肥	基肥	分蘖肥	穗肥			
1	55	28		17	85	15	46	44	10	13	4.8	8.1
2	35	30		35	85	15	70		30	14	4.8	8.1
3	40	30		30	85	15	70		30	14	4.8	8.1
4	40	20	20	20	85	15	46		54	14	4.8	8.1
5	100				100		100			13	4.0	8.1

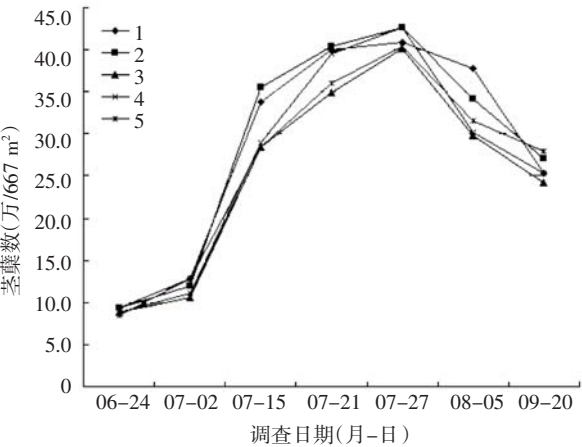


图 1 贵池区机插水稻茎蘖动态曲线

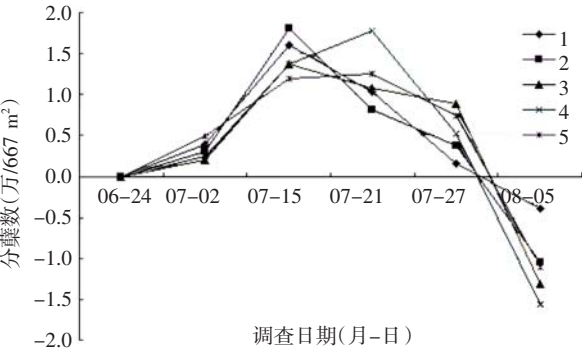


图 2 贵池区机插水稻日增蘖曲线

各处理具体肥料运筹详见表 2。

1.3 调查记载项目

调查不同处理的株高、穗长、每穗总粒数、实粒数、结实率、千粒重;调查不同处理的基本苗数、最高苗数、分蘖消长、分蘖率、有效穗数、成穗率。测定土壤有机质、全氮、速效磷、速效钾含量以及 pH 值;测定水稻植株和籽粒中氮、磷、钾含量。

1.4 数据分析

采用 Excel 软件、土肥田间试验与数据分析系统进行相关数据的统计分析。

2 结果与分析

2.1 对水稻群体结构的影响

以贵池区为例,从图 1 可以看出,各处理高峰苗均出现在 7 月 27 日左右(移栽后 39 d)。由图 2 可见,处理 1、2、5 分蘖发生早而快;处理 1、2、3 分蘖高峰期出现在 7 月 15 日(移栽后 27 d)左右,处理 4 和处理 5 分蘖高峰期出现在 7 月 21 日(移栽后 33 d)左右,处理 3、处理 5 分蘖期明显延迟;各处理分蘖消减日期均出现在 8 月 5 日左右,以处理 4 和处理 3 消减速度最快。

由此可见,机插水稻基、蘖氮肥的施用有利于分蘖的发生,其中施用 2 次分蘖肥使水稻分蘖期明显延长,缓释肥全基施水稻高峰苗持续时间长。

2.2 对水稻成穗率的影响

由表 3 可见,各处理基本苗数在 81.00~86.70 万/hm<sup>2</sup> 之间;分蘖率在 461%~489%之间,以处理 3 最高;成穗率在 57%~63%之间,以处理 2 和处理 3 较高。分析认为,控制基、蘖肥用量能促进优势分蘖的发生,增强水稻中后期养分积累,提高成穗率。

2.3 对水稻产量及产量构成的影响

由表 4 可见,单位面积产量以处理 4 最高,为 9 724.8 kg/hm<sup>2</sup>,比其他处理增产 55.05~516.9 kg/hm<sup>2</sup>,增幅为 0.3~5.6 个百分点。处理 2、3、4 之间产量差异不显著,但极显著高于处理 1 和处理 5。可见,机插水稻前期群体生长量大,大量无效分蘖空耗养分,如施氮量不足会影响群体质量。基蘖肥比例过大(>83%),由于

表 3 各处理水稻成穗率

处理	基本苗数 (万/hm <sup>2</sup> )	最高苗数 (万/hm <sup>2</sup> )	有效穗数 (万/hm <sup>2</sup> )	分蘖率 (%)	成穗率 (%)	样本数
1	84.30	478.05	271.20	467	57	9
2	84.30	485.70	304.95	476	63	9
3	80.55	474.15	297.60	489	63	9
4	86.70	486.30	294.00	461	60	9
5	81.00	460.50	285.60	469	62	9

表 4 各处理水稻产量统计

处理	产量 (kg/667 m <sup>2</sup> )	最小值 (kg/667 m <sup>2</sup> )	最大值 (kg/667 m <sup>2</sup> )	标准差	样本数
1	9 219.75 B	7 594.5	10 440.30	44.65	22
2	9 650.55 A	7 668.0	11 980.35	57.84	22
3	9 695.40 A	7 884.0	12 277.05	62.22	22
4	9 724.80 A	7 702.5	12 587.70	67.11	22
5	9 207.90 B	7 636.5	10 650.30	59.14	17

表 5 不同处理水稻产量构成分析

处理	有效穗数 (万/hm <sup>2</sup> )	株高 (cm)	穗长 (cm)	总粒数 (粒/穗)	实粒数 (粒/穗)	结实率 (%)	千粒重 (g)	样本数
1	271.20	121.4	25.0	189.9	162.3	84.9	25.7	19
2	304.95	121.8	23.8	185.9	157.5	84.1	26.3	19
3	297.60	121.0	24.6	194.9	167.3	85.6	26.4	19
4	294.00	122.5	24.4	198.9	169.5	85.4	25.9	19
5	285.60	119.9	23.8	184.8	155.9	84.3	26.0	19

单季稻生育期长,会使机插水稻生长后期养分供应不足,影响产量。

由表 5 可见,有效穗数以处理 2 最高,为 304.95 万/hm<sup>2</sup>,比其他处理高 7.35~33.75 万/hm<sup>2</sup>;株高以处理 4 最高,为 122.5 cm,比其他处理高 0.7~2.6 cm;穗长以处理 1 最长,为 25.0 cm,比其他处理长 0.4~1.2 cm;每穗实粒数以处理 4 最高,为 169.5 粒,比其他处理多 2.2~12.0 粒;结实率以处理 3 最高,为 85.6%,比其他处理高 0.2~1.5 个百分点;千粒重以处理 3 最大,为 26.4 g,比其他处理重 0.1~0.7 g。

可见,氮肥基、蘖肥比例为总量的 80%时,水稻生长量最大;穗肥氮、磷、钾肥占总量的 20%、15%、54%时,能促进颖花分化,增加有效颖花数,表现为着粒密度(每穗总粒/穗长)增大,结实率提高,群体质量得到优化。

2.4 对水稻养分吸收的影响

由表 6 可见,形成 100 kg 籽粒平均需吸收 N 1.96 kg、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 0.66 kg、K<sub>2</sub>O 2.88 kg。其中,处理 4 的 N 吸收量为 2.02 kg,较其他处理高 0.05~0.17 kg;P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 吸收量各处理间差异不大;K<sub>2</sub>O 吸收量处理 3 和处理 4 较高,比其他处理高 0.01~0.15 kg。

在化肥用量相同(或相似)的条件下,肥料运筹对

水稻养分吸收量的影响有所不同:氮肥中基蘖肥占总量的 65%~70%、穗肥占 30%~35%时的稻谷养分吸收量与基蘖肥占总量的 80%~83%、穗肥占 17%~20%的处理无明显差异,而施缓释肥的处理存在后期供氮不足、吸收量减少的现象。本试验中,磷肥养分吸收量无明显差异。重施穗期钾肥,施钾量占总量的 30%~54%时,钾肥养分吸收量大,钾肥利用率高。说明机插稻应重施基蘖肥,适量施用穗肥,能提高肥料利用率。

3 讨论

缓释肥全部基施,具有省工节本的作用。但连续试验表明,机插水稻一次性基施缓释肥均出现有效穗数和每穗粒数减少的现象,造成减产。因此,施缓释肥时,应在后期适量补施速效氮肥。

机插秧苗小(弱),充足的分蘖肥是其形成适宜水稻群体的基础,对促进小花分化有利。但以往研究表明,水稻品种生育前期(拔节前)干物质积累与氮肥群体最高生产力呈负相关,生育中、后期干物质积累与氮肥群体最高生产力呈正相关<sup>[5]</sup>。分析本试验中施缓释肥(前期氮释放多)和施二次分蘖肥的处理的产量构成,结果类似。可能是分蘖期间氮肥过多使植株旺长,中、后期干物质积累效率降低。此外,分蘖肥的适宜施

表 6 形成 100 kg 籽粒养分吸收量 (kg)

处理	N		P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>		K <sub>2</sub> O		样本数
	平均	标准差	平均	标准差	平均	标准差	
1	2.00	0.318	0.65	0.291	2.78	0.394	13
2	1.95	0.289	0.66	0.276	2.92	0.544	13
3	1.97	0.341	0.66	0.309	2.93	0.549	13
4	2.02	0.488	0.65	0.279	2.93	0.463	13
5	1.85	0.261	0.66	0.320	2.86	0.800	10

用时期还有待进一步验证。

参考文献

研究表明, 秸秆短期还田和水旱轮作条件下, 高钾、中钾和低钾土壤配施钾肥均可达到增产的效果<sup>[1,9]</sup>。而农民习惯施肥中, 氮肥、磷肥用量偏大, 钾肥用量不足, 不仅影响水稻的正常生长发育, 而且导致养分利用率偏低。适量减少氮、磷肥, 增加钾肥, 能改善水稻营养状况<sup>[15]</sup>。针对机插一季稻群体生长量大、生育期较长、耗钾量多的情况, 本研究按氮钾肥比例 1:0.57 的试验结果表明, 穗期施钾肥 54% 时产量最高, 穗期施钾 30% 产量次之。穗期适量施钾肥是一项有效的增产措施。

4 结论

根据本地土壤条件选择的优化配方, 在机插水稻密植条件下, 氮肥全部基施或前期使用量过大, 都不利于稻谷养分中氮的吸收, 而追施钾肥能明显提高稻谷养分中钾的吸收量。本试验结果表明, 在 9 000~9 750 kg/hm<sup>2</sup> 目标产量下, 氮磷钾的合理推荐用量为: N 195~210 kg/hm<sup>2</sup>、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 72~90 kg/hm<sup>2</sup>、K<sub>2</sub>O 120 kg/hm<sup>2</sup>。安徽省一季稻产区机插水稻品种, 形成 100 kg 籽粒平均需吸收 N 1.96 kg、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 0.66 kg、K<sub>2</sub>O 2.88 kg。

一季稻产区机插水稻配方施肥条件下, 穗肥中氮、磷、钾肥占总量的 20%、15%、54% 时, 群体产量构成合理, 水稻高产高效。

控制基、蘖肥中氮肥用量(小于 105 kg/hm<sup>2</sup>)能促进优势分蘖的发生, 提高成穗率。而增施钾肥有明显的增产作用, 氮、钾肥比例由农民常规施肥的 1:0.30, 提高到配方施肥的 1:0.57。此外, 机插一季稻穗期补施钾肥是一项有效的增产措施。

[1] 唐旭, 计小江, 李超英, 等. 水稻-大麦长期轮作体系钾肥效率及土壤钾素平衡[J]. 中国农业科学, 2014, 47(1): 90-99.

[2] 彭少兵, 黄见良, 钟旭华, 等. 提高中国稻田氮肥利用率的研究策略[J]. 中国农业科学, 2002, 35(9): 1 095-1 103.

[3] 殷春渊, 张庆, 魏海燕, 等. 不同产量类型水稻基因型氮素吸收、利用效率的差异[J]. 中国农业科学, 2010, 43(1): 39-50.

[4] 陈敏, 马婷婷, 丁艳萍, 等. 配方施肥对水稻养分吸收动态及产量的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2014, 20(1): 237-246.

[5] 杜加银, 茹美, 倪吾钟. 减氮控磷稳钾施肥对水稻产量及养分积累的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2013, 19(3): 523-533.

[6] 李继福, 鲁剑巍, 任涛, 等. 稻田不同供钾能力条件下秸秆还田替代钾肥效果[J]. 中国农业科学, 2014, 47(2): 292-302.

[7] 徐明岗, 李冬初, 李菊梅, 等. 化肥有机肥配施对水稻养分吸收和产量的影响[J]. 中国农业科学, 2008, 41(10): 3 133-3 139.

[8] 侯云鹏, 韩立国, 孔丽丽, 等. 不同施氮水平下水稻的养分吸收、转运及土壤氮素平衡 [J]. 植物营养与肥料学报, 2015, 21(4): 836-845.

[9] 张秀芝, 易琼, 朱平, 等. 氮肥运筹对水稻农学效应和氮素利用的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2011, 17(4): 782-788.

[10] 颜士敏. 江苏水稻机插秧发展现状与技术对策 [J]. 中国稻米, 2014, 20(3): 48-49.

[11] 吴茂力, 姜心禄, 池忠志, 等. 机插秧模式下肥料配置对稻米主要品质的影响[J]. 核农学报, 2014, 28(10): 1 905-1 909.

[12] 孙雄彪, 金志杰, 陈惠哲, 等. 水稻机插秧不同时期氮肥配施对产量的影响[J]. 中国稻米, 2009, 16(4): 59-61.

[13] 李世峰, 刘蓉蓉. 南通市水稻机插秧技术推广存在的问题与对策 [J]. 现代农业科技, 2012(9): 96-97.

[14] 武际, 郭熙盛, 张祥明, 等. 免耕条件下水稻产量及稻田无机氮供应特征[J]. 中国农业科学, 2013, 46(6): 1 172-1 181.

[15] 马群, 杨雄, 李敏, 等. 不同氮肥群体最高生产力水稻品种的物质生产积累[J]. 中国农业科学, 2011, 44(20): 4 159-4 169.

Research on High Yield and High Efficient Fertilizer Management on Machine Transplanting Single Cropping Rice along the Yangtze River in Anhui Province

QIAN Xiaohua<sup>1</sup>, HU Renjian<sup>2</sup>, CHANG Jiang<sup>3</sup>, SHAN Mengchao<sup>1</sup>, HU Ronggen<sup>1</sup>, SUN Yixiang<sup>4</sup>, LIU Feng<sup>4</sup>, ZHOU Xuejun<sup>5</sup>  
(<sup>1</sup> Soil and Fertilizer Station of Anhui Province, Hefei 230001, China; <sup>2</sup> Soil and Fertilizer Station of Guichi District, Guichi, Anhui 247100, China; <sup>3</sup> Anhui Agricultural University, Hefei 230036, China; <sup>4</sup> Institute of Soil and Fertilizer, Anhui Academy of Agricultural Sciences, Hefei 230031, China; <sup>5</sup> Soil and Fertilizer Station of Taihu County, Taihu, Anhui 246400, China)

**Abstract:** According to the characteristics of machine transplanting rice, the authors discussed the high yield and high efficient fertil-



**Key words:** machine planting; rice; high efficient; fertilizer management

·综合信息·

审定编号 (粤审稻)	品种名称	类型	选育单位	品种来源	全生育期 (d)	区试产量 (kg/667m <sup>2</sup> )	生试产量 (kg/667m <sup>2</sup> )
2016027	C 两优 1231	籼型两系杂交稻	国家植物航天育种工程技术研究中心 (华南农业大学)	C815S×航恢 1231	108~111	477.11	470.14
2016028	C 两优 191	籼型两系杂交稻	国家植物航天育种工程技术研究中心 (华南农业大学)	C815S×航恢 191	125~126	380.69	399.79
2016029	黄齐占	籼型常规稻	广东省农业科学院水稻研究所	丰秀占 / 新华占 2// 齐华占 /// 黄软占	109~112	473.94	470.57
2016030	中广丝苗 5 号	籼型常规稻	广东省东莞市中堂凤冲水稻科研站	IR9681-1-1-B-B/ 凤香丝苗 // 凤枣丝苗	112~113	466.94	464.45
2016031	黄广华占 1 号	籼型常规稻	广东省农业科学院水稻研究所	黄广占 / 丰粤华占	113~114	495.34	493.56
2016032	粤黄广占	籼型常规稻	广东省农业科学院水稻研究所	粤齐新占 / 黄广占	113~114	484.77	466.44
2016033	莉苗占	籼型常规稻	广东省佛山市农业科学研究所	粤广丝苗 // 黄莉占 / 矮秀占	112~113	479.86	485.42
2016034	粤美占	籼型常规稻	广东省农业科学院水稻研究所	粤金银占 /// 丰美占 / 千重浪 // 丰美占	112~113	485.87	491.42
2016035	黄广丝苗	籼型常规稻	广东省农业科学院水稻研究所	黄广占 / 黄秀丝苗	113~114	493.74	480.24
2016036	华航 48 号	籼型常规稻	国家植物航天育种工程技术研究中心 (华南农业大学)	五山丝苗 / 航香 48	113~114	456.22	459.64
2016037	大丰糯	籼型常规糯稻	广东省农业科学院水稻研究所	玉香油占 / 航香糯 // 长丰糯	112~113	419.28	340.68
2016038	恒丰优 1179	籼型三系杂交稻	广东华农大种业有限公司、国家植物航 天育种工程技术研究中心(华南农业大 学)	恒丰 A×航恢 1179	109~112	525.67	494.87
2016039	吉田优 701	籼型三系杂交稻	广东省连山壮族瑶族自治县农业科学 研究所、广东源泰农业科技有限公司	吉田 A×泰 701	108~112	520.09	488.51
2016040	卓优 217	籼型三系杂交稻	广东海洋大学农学院、广东天弘种业有 限公司	卓 A×恢 217	109~112	512.04	479.75
2016041	卓优华占	籼型三系杂交稻	广东天弘种业有限公司、中国水稻研究 所	卓 A×华占	109~112	509.00	485.11
2016042	吉优 736	籼型三系杂交稻	广东华茂高科种业有限公司、广东省农 业科学院水稻研究所	吉丰 A×广恢 736	109~112	509.77	481.00
2016043	五优 736	籼型三系杂交稻	广东省农业科学院水稻研究所	五丰 A×广恢 736	109~112	508.84	471.56
2016044	壮优 6377	籼型三系杂交稻	深圳市兆农农业科技有限公司	壮丰 A×R6377	110~111	501.63	467.04
2016045	野香优 688	籼型三系杂交稻	广西绿海种业有限公司	野香 A×R688	114~116	481.24	505.66
2016046	韶优 766	籼型三系杂交稻	广东源泰农业科技有限公司、韶关市农 业科技推广中心	韶农 A×泰 766	114	451.17	482.60
2016047	裕优 098	籼型三系杂交稻	广东省良种引进服务公司	裕 A×G098	106~110	445.17	455.07