

不同类型复合肥在超级杂交稻中的应用效果

郭夏宇¹ 苏卓² 黄思娣¹ 龙继锐^{1*}

(¹ 湖南杂交水稻研究中心, 长沙 410125; ² 湖南省隆回县农业局, 湖南 隆回 422200; 第一作者: 50699847@qq.com;

* 通讯作者: longjr518@126.com)

摘 要:以超级杂交稻组合 Y 两优 2 号为供试品种, 研究了 4 种复合肥对超级杂交稻生长发育和产量的影响。结果表明, 在等养分用量条件下, 与施用普通复合肥的处理(对照)相比, 施用有机复合肥的处理有利于增加分蘖数、叶绿素含量、干物质积累、有效穗数和穗粒数, 比对照增产 9.1%, 差异达极显著水平, 是本试验中效果最佳的肥料品种; 施用缓释复合肥的处理生长发育前期分蘖能力、干物质积累能力较弱, 但后期养分持续供给能力强, 总穗粒数和千粒重在各处理中均最高, 最终比对照增产 8.0%, 差异达极显著水平; 施用硅溶复合肥的处理分蘖迅速, 物质积累能力强, 在分蘖盛期具有试验中最大的群体, 但进入抽穗灌浆期后群体下降较快, 最终比对照增产 6.7%, 差异达极显著水平; 施用微生物菌剂肥的处理与对照产量基本持平, 增产效果不明显, 但显著提高了超级杂交稻的有效穗数和结实率。

关键词:复合肥; 超级杂交稻; 生长发育; 产量

中图分类号: S511.062 **文献标识码:** B **文章编号:** 1006-8082(2018)03-0079-04

超级杂交稻是我国现代农业科技的重要成果, 作为水稻高产的代表, 在过去的十几年里, 其产量实现了从 10.5 t/hm² 到 13.9 t/hm² 的增长, 在保障我国粮食安全中起到了不可替代的作用^[1]。有研究表明, 超级杂交稻产量的充分发挥与土肥条件、栽培措施、生态环境密切相关, 而肥料是超级杂交稻持续稳定增产的重要因素^[2-4]。由此可见, 以肥料为主体的栽培措施在超级杂交稻实现超高产过程中有着重要作用。

为适应超级杂交稻生长发育特征的要求, 挖掘超级杂交稻超高产潜力, 我国肥料企业相继开展了相应的配套攻关研究, 研制形成了高效复合肥、有机复合肥、缓释复合肥、含微量元素水溶复合肥等不同类型的复合肥, 以复合肥为核心的施肥技术体系已成为超级杂交稻生产的主流施肥技术^[5-9]。因此, 本着验证与评价不同类型复合肥在超级杂交稻中的应用效果, 本研究以 Y 两优 2 号为材料, 研究 4 种不同类型复合肥对超级杂交稻生长发育、物质生产及产量的影响, 以为超级杂交稻大面积生产的肥料选择提供参考与指导。

1 材料与方法

1.1 供试品种及肥料

本试验在湖南杂交水稻研究中心本部进行。试验区土壤基本理化性状(0~20 cm)为: pH 值 6.0, 水解性氮 195.3 mg/kg, 有效磷 8.8 mg/kg, 速效钾 112.5 mg/kg, 有机质 40.8 g/kg。供试超级杂交稻组合为 Y 两优 2 号,

由湖南杂交水稻研究中心提供。

供试肥料有: 缓释复合肥, 总养分 $\geq 40\%$, N 20%、P₂O₅ 8%、K₂O 12%; 硅溶复合肥, 总养分 $\geq 50\%$, N 20%、P₂O₅ 15%、K₂O 18%; 有机复合肥, 总养分 $\geq 35\%$, N 18%、P₂O₅ 8%、K₂O 9%; 普通复合肥(本地常用), 总养分 $\geq 48\%$, N 16%、P₂O₅ 16%、K₂O 16%; 微生物菌剂肥。

1.2 田间设计

试验共设 5 个处理: ① CK (普通复合肥); ② 硅溶复合肥; ③ 缓释复合肥; ④ 有机复合肥; ⑤ 微生物菌剂肥(微生物菌剂+普通复合肥)。小区试验设计, 3 次重复。小区面积 112.5 m², 共 15 个小区。各处理按 N 210 kg/hm²、P₂O₅ 120 kg/hm²、K₂O 210 kg/hm² 施肥, 各小区施肥总量如表 1 所示。

除缓释复合肥一次性施用外, 其他肥料按基肥、蘖肥、穗肥、粒肥比例分别为 40%、20%、30%、10% 的原则确定施用方法, 微生物菌剂肥按照每次 150 g/667 m² 用量随基肥、蘖肥、穗肥、粒肥进行喷施, 共 4 次。

收稿日期: 2017-11-07

基金项目: 国家科技支撑计划(2012BAD04B10, 2013BAD07B14); 公益性行业(农业)科研专项(201303109-3); 湖南省重大专项(2015NK1001); 湖南省重点研发计划(S2016NCYFNY0457); 国家自然科学基金(31301264); 湖南农业科技创新资金(2017GC05); 国家重点研发计划(2017YFD0301505)

表 1 不同肥料品种的用量
(kg/112.5 m²)

| 肥料品种 | 复合肥 | 尿素 | 钙镁磷肥 | 氯化钾 |
|--------|-------|-----|------|------|
| 硅溶复合肥 | 9.45 | 0 | 3.38 | 2.53 |
| 缓释复合肥 | 11.81 | 0 | 3.38 | 1.69 |
| 有机复合肥 | 13.13 | 0 | 2.50 | 2.11 |
| 普通复合肥 | 8.44 | 2.2 | 0 | 1.81 |
| 微生物菌剂肥 | 8.44 | 2.2 | 0 | 1.81 |

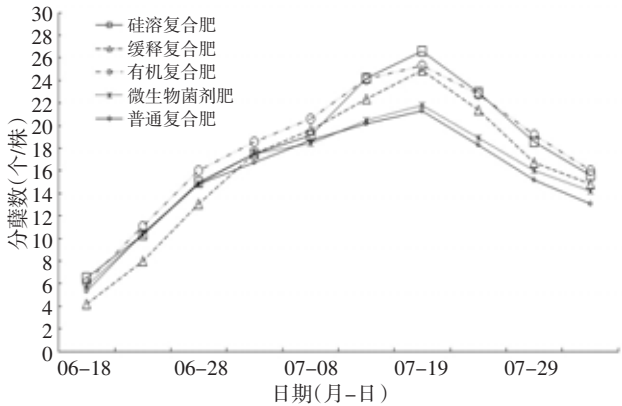


图 1 不同处理对 Y 两优 2 号分蘖的影响

1.3 田间管理

于 2016 年 5 月 18 日播种,10 月 11 日收割。采用塑料软盘半旱式育秧,每孔播 2 粒谷,每 667 m² 播足 60 盘,按 20 cm×30 cm 的规格移栽,每 667 m² 插 1.11 万丛,每丛 2~3 根苗。秧苗栽插密度相同,田间管理措施一致。

1.4 观察测定项目及方法

1.4.1 分蘖数

每个处理定点连续 10 丛秧苗(秧苗素质及苗数应基本一致),每 4 d 调查 1 次,直至穗期。高峰苗期、黄熟期调查高峰苗数、有效穗数,方法同基本苗调查。

1.4.2 叶片 SPAD 值

在分蘖盛期、孕穗期、乳熟期及成熟期用叶绿素仪 (SPAD-502)测定最后 1 片完全展开叶的 SPAD 值,每小区测定 30 片叶,取平均值。

1.4.3 干物质积累量

秧苗移栽后,每小区在分蘖期、孕穗期、乳熟期及成熟期取含平均茎(穗)数的植株 3 株,去掉地下部后洗净,置于 105℃下杀青 15 min,再在 70℃下烘干至恒质量,称量。

1.4.4 产量及经济性状

于收获前调查各处理的平均有效穗数,并选取代表性的稻株 5 丛,测定平均穗数、每穗实粒数、结实率、千粒重。每小区单收单晒,计算单位面积产量,各重复总计后平均折合实际产量。

1.5 数据处理

采用 Excel、DPS 软件进行数据的统计与分析。

2 结果与分析

2.1 对超级杂交稻分蘖的影响

从图 1 可以看出,各处理分蘖整体趋势基本一致,最高分蘖数都出现在 7 月 19 日左右,但由于不同肥料品种在配方(氮、磷、钾配比)上的不同,对 Y 两优 2 号分蘖的影响也不同。相较于对照,施用有机复合肥、硅溶复合肥的处理分蘖发生早且快,且分蘖数明显增多,增“库”效果显著,其中,施用硅溶复合肥的处理水稻单株平均最高分蘖数达到 26.6 个,比对照的 21.3 个高出 5.3 个。缓释复合肥由于养分释放较慢,分蘖前期增蘖效果较差,但随着水稻进入分蘖盛期以及养分的持续释放,其增蘖效果明显高于对照。施用微生物菌剂肥的处理相较对照略微增长,最高分蘖数为 21.8。各处理分蘖成穗率结果为:微生物菌剂肥(65.1%)>有机复合肥(63.2%)>普通复合肥(61.5%)>缓释复合肥(59.3%)>硅溶复合肥(58.6%);各处理最终成穗数结果为:有机复合肥(16.0 个/株)>硅溶复合肥(15.6 个/株)>缓释复合肥(14.8 个/株)>微生物菌剂肥(14.2 个/株)>普通复合肥(13.1 个/株)。各处理最终的成穗数均高于对照,在养分用量保持一致的基础上,各供试肥料均有效提高了水稻群体的生物量。其中,施用有机复合肥的处理相较对照每株增加分蘖 2.9 个,整个生育期该处理的水稻群体表现为分蘖增长迅速,高峰苗多且后期保持群体能力较强,成穗率高。

2.2 对超级杂交稻叶片 SPAD 值的影响

光合作用是植株生长发育的物质基础,而叶绿素直接参与光合作用,所以叶绿素的含量对植物的生长发育具有重要意义。表 2 结果表明,各处理叶片 SPAD 值在分蘖期到达最高值后逐渐减低。其中,施用硅溶复合肥的处理在分蘖盛期至成熟期叶片 SPAD 值都显著高于对照,这与其配方中氮元素所占比例大有直接关系。施用有机复合肥和缓释复合肥的处理在分蘖期与对照相差不大,但孕穗期至成熟期均显著高于对照。施用微生物菌剂肥的处理整个生育期只略高于对照,差异不大。

2.3 对超级杂交稻物质生产的影响

表 3 结果表明,与对照相比,各处理都不同程度的增加了水稻各生育期的物质积累量。其中,施用硅溶复合肥和有机复合肥的处理在全生育均显著高于对照,成熟期的增幅分别为 5.7%、12.2%;施用缓释复合肥的

表 2 不同处理对 Y 两优 2 号叶片 SPAD 值的影响

| 处理 | 分蘖期 | 孕穗期 | 乳熟期 | 成熟期 |
|--------|--------|---------|--------|---------|
| 硅溶复合肥 | 48.2 a | 41.5 a | 35.3 b | 29.9 ab |
| 有机复合肥 | 47.3 b | 41.7 a | 36.2 a | 30.6 a |
| 缓释复合肥 | 45.5 c | 41.4 a | 35.8 a | 30.2 a |
| 微生物菌剂肥 | 46.9 b | 41.1 ab | 34.6 c | 29.5 b |
| 普通复合肥 | 46.7 b | 40.7 b | 34.5 c | 29.2 b |

同列数据后不同小写字母表示在 0.05 水平差异显著。下同。

表 3 不同处理对 Y 两优 2 号干物质生产的影响
(g/m²)

| 处理 | 分蘖期 | 孕穗期 | 乳熟期 | 成熟期 |
|--------|---------|------------|----------|------------|
| 硅溶复合肥 | 303.1 a | 1 262.4 a | 2056.7 b | 2 711.5 b |
| 有机复合肥 | 296.4 a | 1 193.6 b | 2113.5 a | 2 879.6 a |
| 缓释复合肥 | 276.5 b | 1 111.3 bc | 2019.4 b | 2 832.5 a |
| 微生物菌剂肥 | 279.5 b | 1 057.8 c | 1985.5 c | 2 632.1 bc |
| 普通复合肥 | 270.3 b | 1 048.2 c | 1934.3 c | 2 565.4 c |

表 4 不同处理对水稻产量构成因素的影响

| 处理 | 有效穗数 (万/hm ²) | 每穗总粒数 (粒) | 每穗实粒数 (粒) | 结实率 (%) | 千粒重 (g) |
|--------|------------------------------|--------------|--------------|------------|------------|
| 硅溶复合肥 | 255.4 a | 212.8 c | 183.6 b | 86.3 b | 26.5 b |
| 有机复合肥 | 260.7 a | 218.5 b | 187.3 b | 85.7 b | 26.6 b |
| 缓释复合肥 | 241.5 bc | 226.2 a | 198.4 a | 87.7 b | 27.1 a |
| 微生物菌剂肥 | 245.8 b | 210.3 c | 189.4 b | 90.1 a | 26.6 b |
| 普通复合肥 | 236.1c | 212.3 c | 185.4 b | 87.3 b | 26.3 b |

表 5 不同处理间水稻产量比较

| 品种 | 小区产量 (kg/112.5 m ²) | 折合产量 (kg/667 m ²) |
|--------|------------------------------------|----------------------------------|
| 硅溶复合肥 | 141.1 | 836.0 bA |
| 有机复合肥 | 144.2 | 854.5 aA |
| 缓释复合肥 | 141.8 | 840.2 bA |
| 微生物菌剂肥 | 134.5 | 796.8 cB |
| 普通复合肥 | 132.2 | 783.2 cB |

处理在水稻生长前期并没有表现出很强的物质积累能力,但随着水稻生长进入灌浆期后,显著增加了物质积累量,成熟期增幅为 10.4%;施用微生物菌剂肥的处理物质生产较对照小幅增高,但没达到显著水平,成熟期增幅为 2.6%。

2.4 不同处理对超级杂交稻经济性状的影响

从表 4 可以看出,施用有机复合肥的处理有效穗数和总穗粒数均显著高于对照;施用缓释复合肥的处理每穗粒数、实粒数和千粒重在各处理中均最高,但其有效穗数较少,这与前期养分释放较慢有关;施用硅溶复合肥的处理有效穗数显著高于对照,但其他几个产量构成性状与对照相比并没有达到显著水平。在同样施用普通复合肥的前提下,微生物菌剂肥对于有效穗数和结实率的提高有着显著影响,其他产量构成因素无明显变化。

2.5 不同处理对超级杂交稻产量的影响

从表 5 可见,不同处理产量从大到小依次为:有机复合肥>缓释复合肥>硅溶复合肥>微生物菌剂肥>普通复合肥。其中,施用有机复合肥的处理、施用缓释复合肥的处理及施用硅溶复合肥的处理比对照分别增产 9.1%、8.0%和 6.7%,达极显著水平;施用微生物菌剂肥的处理比对照增产 13.6 kg/667 m²,未达显著水平。

3 结论与讨论

我国化肥资源贫缺,优化资源配置、提高肥料利用率对农业的可持续发展极为重要,根据作物生产特性及对养分需求的特点,开发适合于特定作物的专用肥、配方肥是未来复合肥的发展方向^[5-6]。

本试验结果表明,在等养分用量的条件下,供试的复合肥中,以施用有机复合肥的处理表现最佳。施用期间表现出了肥力均匀,田间中后期不脱肥的特点,施用后植株生长旺盛,分蘖能力强,有效穗多,籽粒饱满,对超级杂交稻有极为明显的增产作用。同时,有机复合肥是将有机肥料和无机肥料混合,其中含有多种有效辅助微生物和高剂能化合物,相较于传统复合肥,具有改善土壤理化性状、增强作物抗逆能力、提高农作物品质等优点^[7]。

施用缓释复合肥的处理相较于对照表现出了养分释放持久、均匀的特点,增产效果显著,且为一次性施肥,省时省力。缓释复合肥养分供应量前期较少,后期充足,与作物养分需求曲线较接近,能较好地达到动态平衡^[8]。但养分释放缓慢的特点,导致超级杂交稻生长发育前期分蘖能力及干物质积累能力较弱,相较有机复合肥处理的水稻群体稍小,略微影响了产量。

硅溶复合肥中含有有机硅成分,具有活化肥料,活化土壤,提高肥料利用率的特点。本试验中,该处理增产效果显著,水稻分蘖迅速,物质积累能力强,在分蘖盛期具有最大的群体,但进入抽穗灌浆期后群体下降较快,这表明其养分持续供给能力相比其他供试肥料品种弱,进而影响了产量潜力的发挥。

施用微生物菌剂肥的处理与对照产量基本持平,增产效果不明显,但对超级杂交稻有效穗数和结实率的提高有着显著影响,这些都是高产的基础,其增产效果还需要进一步设计梯度试验加以验证。但已有研究证明,施用微生物菌剂肥可增加土壤中的有益微生物,增加土壤中的有效养分,促进各类维生素的合成以及分泌植物激素类物质,这些作用可以刺激和调节作物生长^[9]。

综上所述,本试验条件下有机复合肥是最适宜于超级杂交稻生长发育特性的肥料品种类型,对超级杂交稻增产有良好的促进作用,具有较高的推广价值。

参考文献

- [1] 吴俊,邓启云,袁定阳,等. 超级杂交稻研究进展[J]. 科学通报, 2016, 61(35): 3 787-3 796.
- [2] 向锋云,邓正书,袁陆,等. 超级杂交稻超高产栽培技术[J]. 作物研究, 2014, 28(1): 68-70.
- [3] 袁红,盛浩,廖超林,等. 湖南省几种母质类型水稻土壤肥力特征[J]. 中国农学通报, 2014, 30(3): 151-156.
- [4] 龙继锐,马国辉,宋春芳,等. 不同肥料节氮栽培对超级杂交中稻

的生长发育和产量及氮肥效率的影响 [J]. 农业现代化研究, 2008, 29(1): 112-115.

- [5] 彭志红,余崇祥. 我国复合肥生产现状及发展建议[J]. 磷肥与复肥, 2015, 30(11): 25-26.
- [6] 张泉贞. 我国复合肥的生产及发展趋势 [J]. 大众科技, 2014, 16(1): 46-47.
- [7] 徐慧. 新型有机复合肥的生产与应用研究进展 [J]. 广州化工, 2012, 40(13): 32-34.
- [8] 祝鹏,熊昌元,姚仪敏,等. 节氮 20%条件下 2 种新型缓释复合肥在杂交水稻上的应用效果[J]. 杂交水稻, 2013, 28(5): 42-45.
- [9] 郭永利. 微生物肥料的研究进展及应用现状 [J]. 陕西农业科学, 2012, 12(4): 134-136.

Application Effects of Different Compound Fertilizer on Super Hybrid Rice

GUO Xiayu¹, SU Zhuo², HUANG Sidi¹, LONG Jirui^{1*}

(¹ Hunan Hybrid Rice Research Center, Changsha 410125, China; ² Longhui County Agricultural Bureau, Longhui, Hunan 422200, China; 1st author: 50699847@qq.com; *Corresponding author: longjr518@126.com)

Abstract: A field experiment was conducted to study the application effects of different compound fertilizer on super hybrid rice, using super hybrid rice combination Y Liangyou 2 as material. The results indicated that, compared with the control, the tiller number, chlorophyll content, amount of dry matter, number of productive panicles and grain number per panicle of the organic compound fertilizer treatment were increased, the grain yield was increased by 9.1%. The tiller number and dry matter accumulation of slow-release compound fertilizer treatment were slowly at the prophase of growth and development on super hybrid rice. However, with continuous supply of nutrients, the grain number per panicle and 1 000-grain weight were the highest in the text, and the grain yield was increased by 8.0% compared with the control. The tiller number of super hybrid rice was quickly and evenly, improved the dry matter accumulation by use silicon dissolving compound fertilizer. It has the largest population in tillering stage, but the population dropped rapidly after heading, and the grain yield was increased by 6.7% compared with the control eventually. The grain yield of microbial inoculum fertilizer treatment was close to the control, but it has significant effect on the number of productive panicles and seed-setting rate.

Key words: compound fertilizer; super hybrid rice; growth and development; yield

(上接第 78 页)

“千斤粮万元钱”高效发展模式,扩大覆盖面。

3.2.3 肥药减量行动

大力推广秸秆还田技术和配方肥、商品有机肥,示范应用高效缓释肥、水溶性肥料、生物肥料、土壤调理剂等新型肥料,集成推广种肥同播、机械深施、水肥一

体化等高效施肥技术。加快推进水稻病虫害生物防治、生态控制、理化诱控等绿色防控技术,实现绿色防控与统防统治融合发展。

参考文献

- [1] 浙江省农业厅. 浙江省农业统计资料(2007-2016 年)[M].

Current Situation of Rice Production in Zhejiang Province and Countermeasures for the Green Development

QIN Yebo¹, Sun Jian², DING Jian¹, ZHANG Hui¹, XU Chunchun^{3*}

(¹ Crop Management Bureau, Agricultural Department of Zhejiang Province, Hangzhou 310020, China; ² Haishu District Agricultural Technology Extension Station of Ningbo City, Ningbo, Zhejiang 315000, China; ³ China National Rice Research Institute, Hangzhou 310006, China; 1st author: qyb.leaf@163.com; *Corresponding author: xuchunchun@caas.cn)

Abstract: Rice is the major grain crop in Zhejiang province and also the main ration crop. It plays an important role in grain production. In recent years, rice production in Zhejiang province has remained basically stable, but some problems still exist, such as low relative benefit, small scale proportion and so on. Therefore, the rice production in Zhejiang province needs to take the path of green development under the new circumstances. This article discussed the countermeasures of green development in next step based on the analysis of current situation of rice production in Zhejiang and current measures of work.

Key words: rice; green development; Zhejiang