美盛美可辛复合肥与养分专家系统在湖北水稻上的应用效果研究

汪 霄[1] 鲁君民[2] 李志国[1] 张润琴[1] 陈 防[1,3*]

（1. 中国科学院武汉植物园，湖北 武汉，430074；2. 湖北省洪湖市大同管理区农科所，北京，100049；

3. 国际植物营养研究所武汉代表处，湖北 武汉，430074）

摘要：通过大田试验研究了美盛美可辛复合肥在湖北省江汉平原水稻上的应用效果，结果表明：与农民习惯施肥（对照处理）相比，施等量的美可辛肥水稻增产 33.9 公斤 / 亩，增产率 9.53%；施等磷养分的美可辛肥水稻增产 15.8 公斤 / 亩，增产率 4.44%，经济效益增加 27.3 元 / 亩；养分专家系统推荐施肥水稻增产 49.2 公斤 / 亩，增产率为 13.83%，经济效益增加 93.9 元 / 亩。由此可知，在施用美可辛肥的基础上，结合养分专家系统推荐施肥量具有显著的增产效果和经济效益，值得大面积推广应用。

关键词：美可辛复合肥；养分专家系统；水稻产量；经济效益

前言

水稻是我国重要的粮食作物，种植面积约 3×10^7 公顷[1]，约占全国粮食总种植面积的 30%。湖北省是我国长江流域主要的水稻生产区，水田面积占湖北耕地面积的 51%，产量占湖北粮食总产量的 70%以上，商品粮占 80%，是仅次于湖南、江西的第三大水稻大省[2]。

“美可辛”是美国美盛公司历经 10 余年潜心研发的一款新型复合肥，采用独特的分层造粒技术，将氮、磷、硫、锌等多种养分融合于每一个肥料颗粒中，呈洋葱状结构层层包裹，使得养分缓慢释放，肥效较为持久高效。目前，大量的“美可辛”肥效试验已在中国北方农作物（小麦、玉米、棉花、花生等）及蔬菜、果树等经济作物中开展，并取得显著的增产效果。研究结果表明，美可辛复合肥具有促进作物根系生长，提升作物长势，增加作物高产潜力等效应[3–5]。但是否在气候、土壤、作物以及耕作方式截然不同的南方地区，“美可辛”复合肥也可以收到同样的大田效果呢？又该如何因地制宜才能获得最大的经济效益呢？目前还未进行大量的田间验证试验。

为此，中国科学院武汉植物园于 2016 年在湖北省洪湖大同湖农场开展了水稻美可辛肥效试验，主要研究美可辛磷肥与普通磷肥的肥效、经济效率的差异，以及专家系统推荐施肥方案与常规施肥方式的差异，旨在为美可辛的合理使用及继续推广应用提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验地选自湖北省洪湖市大同湖管理区江泗口新台队。该地区地处江汉平原，属亚热带季风湿润气候，雨热同期，年均气温 16.2–16.6℃，无霜期 250–267 d，年均降雨量 1100–1300 毫米。2016 年有两次高温天气，7 月 21 日 – 8 月 2 日，以及 8 月 10 日 – 8 月 26 日高温为 37–39℃；试验区抽穗期全为高温天气，对水稻产量影响较大。

1.2 试验材料

水稻品种为金科优 651，属于迟熟籼型中稻品种，适于湖北省海拔 500 米以下的中等肥力田块。供试土壤为长江冲积物发育而来的潮土，试验前采耕层土壤（0–20 厘米）进行养分测定，其土壤基本农化性状为：pH7.74，有机质 26.68 克 / 千克，碱解氮 87.9 毫克 / 千克，速效磷 18.4 毫克 / 千克，速效钾 169.9 毫克 / 千克。

试验中所用肥料为尿素、普钙、美可辛、氯化钾。尿素含 N46%；普钙含 P_2O_5 12%；氯化钾含 K_2O 60%。美可辛由美国美盛有限公司（Mosaic）提供，美可辛养分含量为 N12%–P_2O_5 40%–S10%–Zn1%。市场价尿素 2.2 元 / 公斤，普钙 0.75 元 / 公斤，氯化钾 3.3 元 / 公斤，美可辛 4.6 元 / 公斤，水稻 2.64 元 / 公斤。

1.3 试验方法

试验共设 4 个处理，分别为：

T1：FP（农民习惯施肥），即按照当地农民施肥习惯，每亩基施复合肥 25 公斤（15–15–15），后期追施尿素 16.5 千克。施肥量为 $N–P_2O_5–K_2O$=11.3–3.75–3.75 公斤 / 亩。

T2：FPP（等量美可辛），施肥量为 $N–P_2O_5–K_2O$=11.3–12.5–3.75（公斤/亩），其中磷肥全部为美可辛，用量同普钙，即每亩施美可辛 31.25 公斤。

T3：FPN（等养分美可辛），施肥量为 $N–P_2O_5–K_2O$=11.3–3.75–3.75（公斤/亩），其中磷肥全部为美可辛，用量按等同养分量（3.75 公斤 P_2O_5）计算，即每亩施美可辛 9.375 公斤。

T4：NE（养分专家系统推荐施肥），施肥量为 $N–P_2O_5–K_2O$=10.7–5.5–5（公斤 / 亩），其中 5.5 公斤磷肥全部为美可辛，即每亩施美可辛 13.75 公斤。

试验面积：每个处理小区面积 30 平方米（长 6 米，宽 5 米），每个小区分为 17 行，行间距平均为 35.7 厘米，行长 5 米（即小区的宽度）。小区区组间随机排列，重复 4 次，共 16 个小区。具体施肥量和使用方法见表 1。

1.4 试验田间管理

2016 年 4 月 21 日和 5 月 7 日两次整理秧苗田，5 月 10 日播种，6 月 11 施肥插秧，具体施肥量见表 1；6 月 16 日第一次打药（米鲜胺 50 毫升 + 啊维毒 100 毫升），主要用于防治纹枯病\卷叶螟\稻飞虱，之后每隔 15–20 天喷药一次；6 月 20 日施分蘖肥；7 月 7 日第二次打药（米鲜胺 50 毫升 + 啊维毒 100 毫升）；7 月 17 日施穗肥；7 月 30 日第三次打药，清缴 100 毫升（防稻曲病\二化螟\稻飞虱）；8 月 15 日第四次打药，用毒死蜱 100 毫升 + 吡蚜同 10 克兑水 20 千克喷施防稻飞虱；8 月 22 日水稻齐穗；9 月 9 日开始排水准备收割，9 月 13 日取样调查，9 月 25 日收割，9 月 30 日脱粒，称重计产。其他日常田间管理方式按照常规栽培技术要求进行。

1.5 计算方法与公式

总收入 = 水稻产量 × 水稻价格。

净收入 = 总收入 – 肥料成本 – 种子成本。

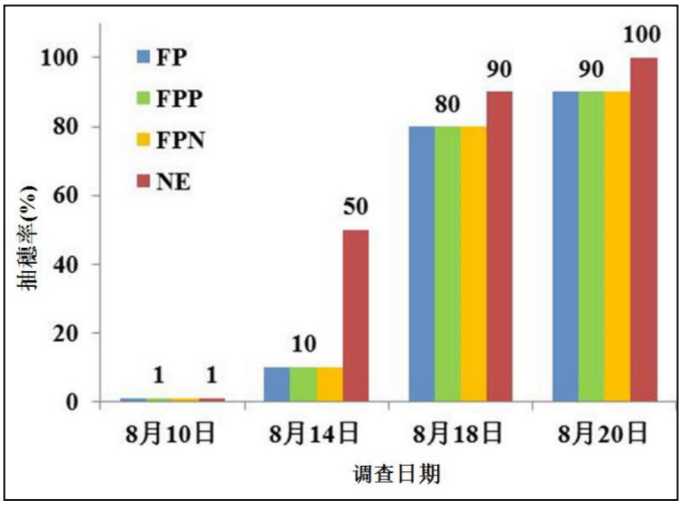
1.6 数据分析

所有数据采用 Spss 16.0 软件进行统计分析， 最小显著极差法（LSD）进行差异显著性检验。

2 结果与分析

2.1 生长期间不同处理水稻抽穗情况调查

水稻生长期间，观察并记录水稻不同生长时期不同处理水稻抽穗情况。图 1 调查结果显示：8 月 10 日为水稻孕穗期；8 月 14 日 T4 处理水稻抽穗 50%，其他处理水稻抽穗 10%；8 月 18 日 T4 处理水稻抽穗 90%，其他处理水稻抽穗 80%；8 月 20 日 T4 处理水稻抽穗 100%，其他处理水稻抽穗 90%。可见相比其他施肥处理，养分系统专家推荐施肥（NE）更加有利于水稻的抽穗和成熟。



2.2 不同处理水稻株高及营养性状的差异比较

2016 年 9 月 9 日，进行水稻株高的测量和比较。此时水稻株高已趋于稳定，不会有太大的生长变化。不同处理取 6 蔸进行水稻株高的测量，取其平均值。调查结果（表

表 1 不同处理田间施肥量（公斤 / 亩）

试验处理	氮磷钾养分施用量 $N–P_2O_5–K_2O$	肥料品种及用量				尿素减施量
		尿素	普钙	氯化钾	美可辛	
T1（FP）	11.3–3.75–3.75	24.57	31.25	6.25	0	—
T2（FPP）	11.3–12.5–3.75	16.40	0	6.25	31.25	35%
T3(FPN)	11.3–3.75–3.75	22.12	0	6.25	9.375	10%
T4(NE)	10.7–5.5–5.0	19.67	0	8.33	13.75	20%

注：表中普钙、氯化钾、美可辛全部作基肥施用，尿素 60% 基肥，20% 分蘖肥，20% 穗肥。

表 2 不同处理水稻株高（厘米）的差异比较					
处理	I	II	III	平均值 ± 标准差	LSD（0.05）
T1(FP)	126.5	130.0	130.6	129.0±2.2	a
T2（FPP）	126.5	131.0	129.4	129.0±2.3	a
T3(FPN)	131.1	127.0	127.0	128.5±2.4	a
T4(NE)	126.0	128.5	130.8	128.5±2.4	a

表 3 不同处理水稻营养性状的差异比较							
试验处理	亩穗数（x10000）	15 厘米长穗数（穗 / 亩）	每穗实粒数（粒）	千粒重（克）	结实率（%）	实际产量（公斤 / 亩）	理论产量（公斤 / 亩）
T1(FP)	12.2 a	1848.1	135 b	28 a	69 a	355.7 c	461.2 b
T2（FPP）	12.3 a	1974.1	176 a	28 a	69 a	389.6 ab	606.2 a
T3(FPN)	12.1 a	1907.4	134 b	28 a	65 a	371.5 bc	454.0 b
T4(NE)	11.8 a	1848.1	178 a	28 a	69 a	404.9 a	588.1 a

2）显示：不同施肥处理下，水稻株高差异不大。

水稻各营养性状差异比较结果显示（表 3）：不同处理水稻亩穗数、结实率、千粒重等指标差异不大。但穗实粒数处理间差异显著，T2 和 T4 处理穗实粒数显著高于 T1 和 T3 处理穗实粒数。由此推测，美可辛可以显著提高水稻产量。这可能与美可辛独特的制作工艺有关，其独特的分层造粒技术有助于养分的缓慢持久释放，可以保证水稻后期，尤其是灌浆期养分的供给，提高水稻的产量构成因子中的每穗实粒数，这或许也是导致后期产量差异的主要原因。

2.3 不同处理水稻产量的差异比较

图 2 结果显示：T4 水稻产量最高，T1 水稻产量最低。最小显著差异法 LSD 分析结果表明，T4（养分专家推荐施肥系统）水稻产量与其他处理差异显著。图 2 和表 3 数据结果显示：T2、T3、T4 处理分别比 T1 处理水稻每亩增产 33.9 公斤，15.8 公斤，49.2 公斤，分别增产 9.53%，4.44%，13.83%。

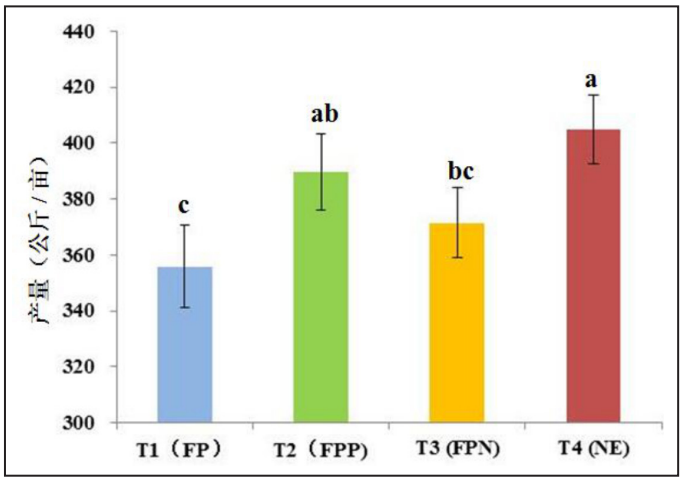


图 1 不同处理水稻产量差异比较（公斤 / 亩）

2.4 不同处理水稻经济效益的比较

结合水稻和肥料的市场价，我们可以计算出不同施肥措施下每亩地的总收入和净收入。表 4 数据结果显示，T4 处理水稻产量最高，每亩地水稻产量为 404.9 公斤，净收入达 534.9 元 / 亩。与对照 T1 相比，T2，T3，T4 处理水稻每亩地增产 33.9 公斤，15.8 公斤，49.2 公斤；每亩地净增收 –13 元，27.3 元，93.9 元。由此可见，不同施肥方式下，T4 处理所获经济效益最大，水稻产量最高。

此外，由于美可辛肥料自身含有 12% 的氮素，因此等 N 量施肥条件下，在施用美可辛的同时，可以达到减少尿素施用量的效果。从表 1 施用尿素量可以看出，与 T1 对照相比，T2、T3、T4 处理相当于分别减少了 35%、10%、20% 的尿素施用量，一定程度上可以减少尿素使用量，降低了水田 N 素淋失的风险。但从 T3 处理（等 P 养分使用量）水稻增产并不显著，与对照 T1 相比，每亩地仅增产 15.8 公斤，增产效果未达到显著差异（表 4）。T2 处理（等量美可辛）尽管每亩地水稻增产 33.9 公斤，但是由于目前美可辛肥料市场价格较高，一定程度上增加了肥料成本，每亩地净亏损 13.0 元。T4 处理，减少了氮肥使用量，适当地增加了磷钾肥用量，水稻产量和经济收益均较高。因此，在选择施用美可辛时，要适量的增大美可辛的用量，适当调整 N，P，K 肥的配比和用量。本试验处理中，T4 处理（养分专家推荐施肥量）施肥方式最优。因此，施肥时选择好的肥料资源时应注意采用正确的施肥方法和用量，提高施肥效益。

表 4 不同处理间水稻经济效益的比较

处理	产值			成本		净收入（元/亩）	净增产（公斤/亩）	净增收（元/亩）
	产量（公斤 / 亩）	水稻（元 / 公斤）	总收入（元 / 亩）	肥料（元 / 亩）	种籽（元 / 亩）			
T1(FP)	355.7	2.64	939.1	98.1	400	441.0	0.0	0.0
T2 (FPP)	389.6	2.64	1028.5	200.5	400	428.0	33.9	–13.0
T3(FPN)	371.5	2.64	980.7	112.4	400	468.3	15.8	27.3
T4(NE)	404.9	2.64	1068.9	134.0	400	534.9	49.2	93.9

注：尿素 2.2 元 / 公斤，普钙 0.75 元 / 公斤，氯化钾 3.3 元 / 公斤，美可辛 4.6 元 / 公斤，水稻 2.64 元 / 公斤）。

3 小结

3.1 不同施肥处理的差异比较

4 种不同施肥方式比较结果表明，养分专家推荐施肥方式（T4 处理）最优，与农民习惯施肥方式相比，适量增大了磷钾肥使用量，调整了 NPK 的施肥比例，一定程度上降低了氮肥使用量，具有很好的增产增收效果，每亩水稻增产 49.2 公斤，净增加收入 93.9 元。

3.2 美可辛与普通磷肥肥效、经济效益的差异比较

结果表明，尽管美可辛肥市场单价（4.6 元 / 公斤）显著高于普钙（0.75 元 / 公斤），可能农民一时难以接受。但是其含 P_2O_5 量高达 40%，相比普钙（12% 的 P_2O_5），每亩地可以减少大量的肥料用量，并且由于其独特的分层造粒技术，使得肥效更为持久有效。除此之外，美可辛还特别添加了 10% 的硫和 1% 的锌。有效硫可以满足作物前期营养生长，单质硫转化后满足后期作物需求，促进籽粒的成熟。锌不仅提升水稻抵抗力，而且可以改善品质。

参考文献

[1] FAO. Statistical databases, Food and Agriculture Organization (FAO) of the United Nations[DB]. 2014: http://www. fao. org.

[2] 程建平，李阳，等．湖北省“早籼晚粳”双季稻机械插秧高产高效栽培技术 [J]. 湖北农业科学，2016, (23):6067-6069+6133.

[3] 于琳．玉米应用美盛化肥效果试验 [J]. 现代化农业，2013, (12):18–19.

[4] 王浩然，唐明玉．新型肥料美可辛在玉米上的应用初报 [J]. 杂粮作物，2009, (05):354–355.

[5] 王晓玲．新型肥料美可辛在水稻上应用初报 [J]. 北方水稻，2009, (04):59+63.