

养分专家系统对黑龙江一季稻产量和养分利用率的影响

刘双全 姬景红 李玉影 佟玉欣 刘颖 张明怡

(黑龙江省农业科学院土壤肥料与环境资源研究所, 黑龙江省土壤环境与植物营养重点实验室, 黑龙江省肥料工程技术研究中心, 哈尔滨 150086)

摘要: 通过 4 年 36 点次田间验证试验, 研究养分专家系统对黑龙江一季稻产量和养分利用率的影响。试验结果表明, NE 推荐施肥平衡了氮磷钾肥用量及比例, 较农民习惯施肥水稻产量提高 10.8%, 经济效益增加 170 元/亩。NE 推荐施肥较农民习惯施肥氮肥农学效率增加 6.6 kg/kg, 氮肥回收率增加 9.8%。

关键词: 水稻, 产量, 氮肥回收率, 氮肥农学效率

黑龙江省是我国粮食主产区, 更是我国最大的商品粮生产基地, 2015 年耕地面积 1586.6 万公顷, 占全国耕地总面积的九分之一。2015 年农作物播种面积 1479.5 万公顷, 主要粮食作物有玉米、水稻和马铃薯。

水稻播种面积达 384.3 万公顷, 占全国水稻播种面积的 12.7%, 占黑龙江省农作物播种面积的 26.0%。2015 年黑龙江省水稻总产达到 2199.7 万吨, 占黑龙江省粮食作物产量的 34.8%, 平均单产为 6988 kg/公顷。

盲目施肥是导致水稻单产不高的原因之一, 我省农民施肥中普遍存在重氮肥, 轻磷、钾肥及中微量元素的现象, 导致水稻产量不高、品质下降。因此, 开展平衡施肥研究可以消除土壤养分限制因子, 为科学施肥提供理论依据, 对加快我省由农业大省向农业强省转变具有重要意义。

1 材料与方 法

1.1 供试材料

供试土壤: 土壤类型为水稻土, 土壤基本化学性质见表 1。

供试水稻品种: 2014 年为中龙粳 2 号; 2015 年为阳光 4 号; 2016 年为龙粳 31; 2017 年为龙稻 18。

供试肥料: 氮肥 30% 作种肥, 70% 作追肥; 磷肥全部作种肥一次施入; 钾肥 50% 作种肥, 50% 作追肥。氮肥用尿素、磷肥用重过磷酸钙、钾肥用氯化钾。

1.2 试验设计

2014–2017 年在黑龙江省设立 Nutrient Expert (NE) 水稻推荐施肥田间验证试验, 在不同生态类型的水稻主产区 10 个农户 4 年共设立了 36 个田间验证试验。每个试验设 6 个处理, 小区面积 90 平方米。试验处理如下:

1. NE: 基于养分专家系统推荐量
2. NE N: NE 推荐量基础上, 不施氮肥
3. NE P: NE 推荐量基础上, 不施磷肥
4. NE K: NE 推荐量基础上, 不施钾肥

表 1 黑龙江 10 个农户土壤基本化学性状

农户	pH	有机质 (g/kg)	全氮 (g/kg)	全 P (g/kg)	全 K (g/kg)	速效磷 (mg/kg)	速效钾 (mg/kg)
马文臣	6.78	36.3	1.74	0.76	22.80	37.6	223.3
谢文宝	5.39	38.6	1.98	0.51	22.90	17.6	176.7
王天生	6.02	36.9	1.76	0.47	22.51	12.2	69.7
夏清海	5.64	46.2	2.10	0.64	23.58	23.0	124.9
王西国	5.74	32.6	1.66	0.18	21.78	15.7	122.5
王维华	5.87	47.3	2.17	0.69	22.86	24.1	147.0
马波	5.86	33.0	1.63	0.66	22.63	20.0	163.0
王国	5.94	47.6	2.22	0.72	22.05	31.4	129.9
王开辉	6.04	14.2	0.85	0.47	22.67	20.1	269.5
王维良	5.58	49.4	2.37	0.84	23.63	32.8	103.0



5. FP: 农民习惯施肥

6. ST: 基于土壤测试优化的施肥处理

1.3 测定指标及方法

1.3.1 土壤基本化学性质 试验前采集 0-20 cm 土层土壤样品, 采用常规方法分析土壤基本化学性质。

1.3.2 水稻吸氮量及产量 收获时, 每小区取 2 m² 水稻考种、测产; 将水稻秸秆和籽粒 105℃ 杀青 0.5 h, 70℃ 烘干, 称重, 采用凯氏法测定全氮含量。

1.4 数据处理及计算公式

采用 Excel 2007 和 SPSS 13.0 进行数据的统计分析。

氮肥表观回收率 (REN%) = (施氮小区植株地上部吸氮量 - 不施氮小区植株地上部吸氮量) / 施氮量 × 100;

氮肥农学效率 (AEN)(kg · kg⁻¹) = (施氮小区产量 - 不施氮小区产量) / 施氮量

平衡系数是投入的氮磷钾养分与植株地上部氮磷钾养分吸收量的比值。

2 结果与分析

2.1 不同施肥处理对水稻产量、效益的影响

黑龙江省 36 个试验结果表明, 推荐施肥对水稻产量和经济效益有明显的促进作用 (表 2)。与专家推荐施肥 (NE) 相比, 不施氮肥平均减产 46.1%, 不施磷肥平均减产 16.8%, 不施钾肥平均减产 15.9%。NE 推荐施肥比农民习惯施肥增产 10.8%, 比 ST 增产 4.2%。不施氮肥对产量影响最大, 其次是磷肥、钾肥。与 NE 处理相比,

表 2 黑龙江 36 个试验不同处理对水稻产量、效益及氮肥回收率的影响

处理	施肥量 (公斤 / 亩)			平均产量 公斤 / 亩	氮农学效率 公斤 / 公斤	氮肥回收率 %	效益 元 / 亩
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O				
1.NE	10.5	4.3	5.8	592.2	25.7	40.1	—
2.NE-N	0.0	4.3	5.8	319.4	—	—	-770
3.NE-P	10.5	0.0	5.8	492.5	—	—	-269
4.NE-K	10.5	4.3	0.0	498.2	—	—	-249
5.FP	11.6	3.8	4.9	534.3	19.1	30.3	-170
6.ST	10.0	3.8	6.0	568.1	25.4	35.6	-66

不施氮肥平均少收入 770 元 / 亩；不施磷肥平均少收入 269 元 / 亩；不施钾肥少收入 249 元 / 亩。NE 处理比农民习惯施肥平均多收入 170 元 / 亩，比当地推荐施肥 ST 处理平均多收入 66 元 / 亩。专家推荐施肥比农民习惯施肥和当地推荐施肥能提高水稻产量、增加效益。

2.2 氮肥农学效率及氮肥回收率分析

黑龙江省 36 点次试验结果表明 (图 1)，NE、FP、ST 处理氮肥农学效率范围为 4.9–49.9、3.5–46.6、11.1–49.8 公斤 / 公斤，平均分别为 25.7、19.1、25.4 公斤 / 公斤。氮肥回收率范围为 24.7%–77.0%、12.2%–61.6%、5.5%–54.7%，平均分别为 40.1%、30.3% 和 35.6%。与 FP 相比，NE 和 ST 分别平均增加氮肥农学效率 6.6 公斤 / 公斤和 6.3 公斤 / 公斤；增加氮肥回收率 9.8 和 5.3 个百分点。说明无论是专家推荐施肥还是当地推荐施肥，均提高了氮肥农学效率和氮肥回收率，而以 NE 处理效果最佳。

2.3 水稻平衡施肥与养分循环

用平衡系数表示养分投入和养分产出的比值。黑龙

江省 36 个试验结果表明，NE、FP 和 ST 氮的平衡系数平均分别为 1.08、1.28 和 1.10；磷的平衡系数平均分别为 1.65、1.57 和 1.53；钾的平衡系数平均分别为 0.40、0.36 和 0.44。专家推荐施肥较当地推荐施肥和农民习惯施肥在维持土壤氮素平衡方面具有一定的优势。总体来看黑龙江省农民习惯施肥中氮磷肥用量不同地区有高有低，磷肥施用量，钾肥用量严重不足。专家推荐施肥中钾肥用量较农民习惯施肥钾肥用量有所提高。

3 结论

黑龙江省 36 个试验结果表明，专家推荐施肥 (NE) 比农民习惯施肥 (FP) 和当地推荐施肥 (ST) 能显著提高水稻产量、增加效益。无论是专家推荐施肥还是当地推荐施肥均提高了氮肥农学效率和氮肥利用率，以 NE 处理效果最佳。与 FP 相比，NE 和 ST 平均分别增加氮肥农学效率 6.6 和 6.3 公斤 / 公斤；增加氮肥回收率 9.8 和 5.3 个百分点。

专家推荐施肥较当地推荐施肥和农民习惯施肥在维持土壤氮平衡方面具有一定的优势。总体来看，黑龙江省农民习惯施肥中氮磷肥用量不同地区有高有低，磷肥施用

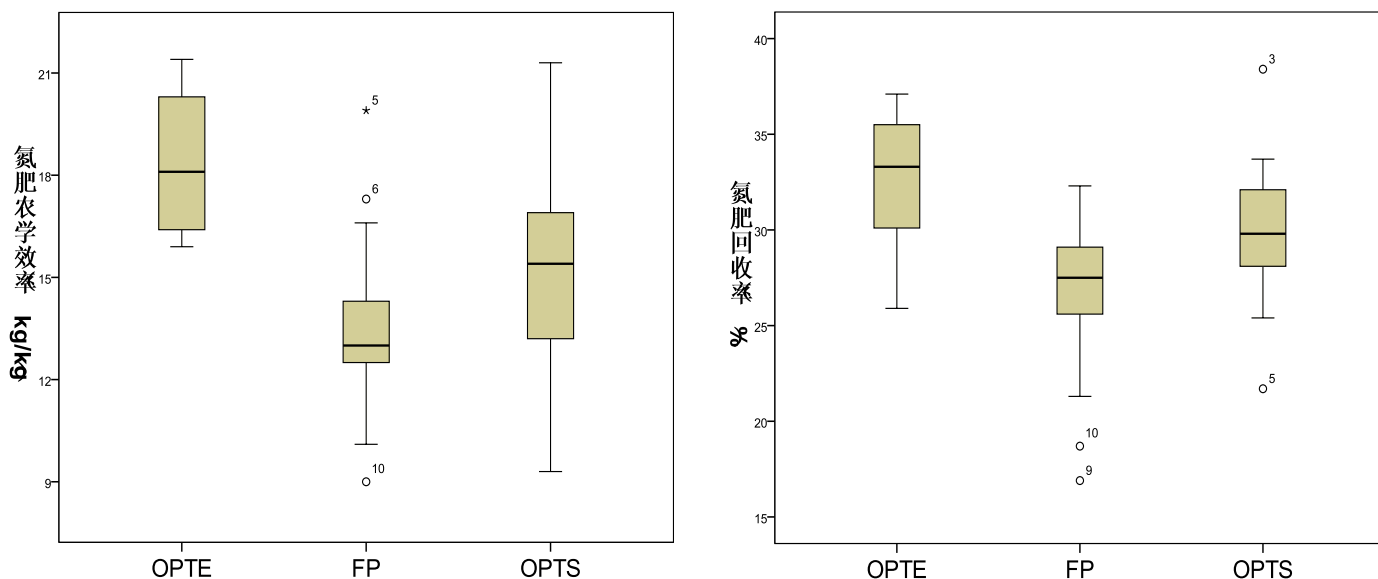


图 1 三个处理的氮肥农学效率和氮肥回收率

表 3 黑龙江 36 个水稻试验养分平衡概算表

处理	养分投入 (公斤 / 亩)			养分支出 (公斤 / 亩)			平衡系数		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
NE	10.5	4.3	5.8	9.8	2.6	14.4	1.08	1.65	0.40
FP	11.6	3.8	4.9	9.0	2.4	13.6	1.28	1.57	0.36
ST	10.0	3.8	6.0	9.0	2.5	13.6	1.10	1.53	0.44

过量，钾肥用量严重不足，对水稻高产稳产带来了不利影响。专家推荐施肥中钾肥用量比农民习惯施肥钾肥用量有所提高。

总之，农民习惯施肥氮磷钾比例不合理，尤其是钾肥用量极低，如生产上不予重视，将影响土壤中养分平衡和农业的可持续发展。采取专家推荐施肥措施平衡氮磷钾施用比例，不但可以显著增加作物产量、提高经济效益，还可以提高氮肥农学效率和氮肥当季回收率。因此，应该加强研究，加大宣传力度，推广平衡施肥，达到粮食增产、农业增效、农民增收的目标。

参考文献

- [1] 黑龙江省统计局. 黑龙江统计年鉴[M]. 中国统计出版社, 2016
- [2] 徐新朋. 基于产量反应和农学效率的水稻和玉米推荐施肥方法研究. 中国农业科学院博士学位论文, 2015年6月
- [3] 姬景红, 李玉影, 刘双全等. 控释尿素对黑龙江水稻产量和氮素利用率的影响. 高效施肥, 2017, 38(1): 3-7
- [4] 贾东, 卢晶晶, 孙雅君, 等. 氮肥不同运筹模式对水稻生产及氮肥利用率的影响[J]. 湖北农业科学, 2015, (15): 3621-3625

