安徽水稻“益多宝”肥效试验结果

周可金　章立干
（安徽农业大学，安徽 合肥，230036）

2013 年受美国加阳公司委托，安徽农业大学资环学院在安徽省肥东县店埠镇安乐村水稻上实施了缓控释尿素“易多宝”的田间肥效试验，试验的基本情况和结果如下。

1 试验设计

试验地点：安徽省肥东县店埠镇安乐村，N31°91′32″，E117°43′78″。位于承包户费广发承包的 70 亩地上。试验处理和肥料用量见表 1.

试验地的行距 23.5 厘米，株距 23.5 厘米。密度：18.15 万株 / 公顷，明显偏稀，主要担心试验区施肥量大，后期出现倒伏。试验品种：两优 100。保护行基肥的施肥量 17.5 千克 / 亩复合肥（15–15–15），后期不追肥。试验小区采用 3 层较厚的塑料薄膜压到犁底层，保肥水不串流。育秧期：4 月 29 日，栽插期：6 月 9 日，分蘖期：7 月 9 日，抽穗期：8 月 13 日（全缓释肥较迟一点）。氮肥为普通尿素和“益多宝”（控释尿素），磷肥为普钙，钾肥为氯化钾。“益多宝“含 N 量为 44%。氮肥按处理分基肥和追肥，磷钾肥全部基施，于水稻插秧前 1 天施入，并立即用铁齿耙耖入 5 厘米 深度的土层内。试验设置 12 个处理，3 次重复，随机区组排列，每小区面积 20 平方米。其他田间管理按当地习惯和常规要求。

调查项目包括：各处理植株样品分别在移栽期（于插秧当天在秧田中随机选择 10 株）、分蘖期、抽穗期、成熟期取样。试验前取土壤样品在肥料施入前采集，主要分析土壤有机质、pH 和速效 N、P、K 含量，每个区组取 3 个土样混合，取样深度为 0–15 厘米。

生育指标：记载生育期（播种期、栽插期、分蘖期、抽穗期、乳熟期、成熟期和收获期）。测定叶面积、叶绿素含量、株高、分蘖数、倒 3 叶叶长、叶宽、植株生物量（克 / 平方米）和小区籽粒产量（公斤）。成熟期调查有效穗数、穗粒数、籽粒重、结实率等（取 5 兜）。在抽穗期选择晴天上午 10 点测定光合速率，部位剑叶中部，每处理重复测定 5 点。

试验地的土壤属水稻土中的白土类型，pH6.1，有机质 26.2 克 / 公斤，全氮 1.5 克 / 公斤，有效磷 16.3 毫克 / 公斤，速效钾 126.3 毫克 / 公斤，有效锌 1.4 毫克 / 公斤，有效硼 0.6 毫克 / 公斤，有效硫 51.0 毫克 / 公斤。

2 结果与分析

2.1 不同施肥处理水稻形态指标的差异

表 2 的处理 1–7 结果表明，单独施用控释尿素的处理分蘖数比普通尿素减少，但与普通尿素按照一定比例配

表 1 控释尿素肥效试验处理及肥料用量表

编号	处理	普通尿素	控释尿素	$P_2O_5+K_2O$	备注
1	CK（仅施磷钾肥）	0	0	100%	1）处理 1–7，每公顷施 N 180 公斤，P_2O_5 90 公斤，K_2O 135 公斤，肥料全部一次性基施。 2）处理 8–12，在 2–7 处理基础上 N 减量、P 不变、K 增量，每公顷 N 144 公斤，P_2O_5 90 公斤，K_2O 180 公斤，全部一次性基施。 3）氮肥为尿素和控释尿素，磷肥为普钙，钾肥为氯化钾，其他按设计。
2	RU100	100%	0	100%	
3	CRU100	0	100%	100%	
4	CRU75+RU25	25%	75%	100%	
5	CRU60+RU40	40%	60%	100%	
6	CRU45+RU55	55%	45%	100%	
7	CRU30+RU70	70%	30%	100%	
8	(CRU100)×0.8	0	100%×0.8	100%	
9	(CRU75+RU25)×0.8	25%×0.8	75%×0.8	100%	
10	(CRU60+RU40)×0.8	40%×0.8	60%×0.8	100%	
11	(CRU45+RU55)×0.8	55%×0.8	45%×0.8	100%	
12	(CRU30+RU70)×0.8	70%×0.8	30%×0.8	100%	

施后，分蘖数减少不明显，其中 CRU75+RU25 处理和 CRU60+RU40 处理的分蘖数比单施普通尿素的还略有增加。在减量施肥处理 120–180(–N，+K，P 不变) 中，–N 处理的分蘖数反而有所增加，其中控释尿素与普通尿素比例为 45 : 55 和 30 : 70 的处理与减量 20% 氮肥后的处理相比，分蘖数增加了 1–2 个，但控释尿素与普通尿素比例为 75 : 25 及 60 : 40 的处理与减量后处理的分蘖数变化不大。

表 3 结果表明，在抽穗期普通尿素处理的抽穗数、株高、秆粗、生物产量等性状均比控释尿素的高，说明控释尿素对抽穗期水稻的生长发育产生一定的影响，但影响较小的处理有 CRU60+RU40 处理及其 CRU60+RU40 减量处理，以及控释尿素的减量处理。

2.2 不同施肥处理水稻光合生理指标的差异

表 4 可以看出，不同处理的净光合速率、蒸腾速率、胞间 CO_2 浓度和气孔导度等光合生理参数存在明显差异。其中不施肥对照处理净光合速率和蒸腾速率均最低，CRU30+RU70 处理和 80% 控释尿素处理的净光合速率最高，分别比尿素 100% 处理的增加 12.6% 和 10.7%；蒸腾速率分别增加 14.5% 和 13.8%。光合速率增加为高产奠定了重要的物质基础。

表 2 分蘖期水稻各处理的形态生理指标 (7 月 9 日)

编号	处理	分蘖数	叶片长度（厘米）	叶片宽度（毫米）	叶面积（平方厘米）	叶绿素含量 (SPAD)
1	CK(不施氮肥)	8. 4	27. 89	9. 4	22. 8	41. 9
2	RU100	13. 4	36. 88	10. 9	30. 4	43. 9
3	CRU100	11. 4	33. 05	10. 7	25. 4	43. 8
4	CRU75+RU25	13. 8	33. 45	11. 7	29. 5	45. 3
5	CRU60+RU40	13. 6	30. 45	10. 9	24. 6	41. 2
6	CRU45+RU55	11. 4	32. 91	11. 2	29	44. 5
7	CRU30+RU70	11. 6	32. 57	10. 5	26. 5	44. 5
8	(CRU100) × 0. 8	11. 2	34. 88	11. 1	29. 6	44. 1
9	(CRU75+RU25) × 0. 8	13. 2	35. 98	11. 7	33	44
10	(CRU60+RU40) × 0. 8	12. 8	31. 01	10. 5	24. 7	44. 7
11	(CRU45+RU55) × 0. 8	14	36. 76	11. 7	33. 9	42. 4
12	(CRU30+RU70) × 0. 8	15. 4	36. 11	11. 4	30. 4	43. 6

注 : 分蘖数包括无效分蘖，叶片长度、宽度和面积均指倒 3 叶。

表 3 抽穗期水稻各处理的形态生理指标 (8 月 15 日)

编号	处理	穗数	株高（厘米）	杆粗（毫米）	节间长（厘米）	基部 1、2 节间长（厘米）	穗重（克）	植株生物量（克）
1	CK(不施氮肥)	5	82. 4	7. 27	37. 4	2. 2、6. 2	8	61
2	RU100	10	94. 5	8. 34	36. 2	5. 7、2. 7	14	88
3	CRU100	6	84. 2	7. 82	32. 7	7. 1、4. 5	9	66
4	CRU75+RU25	7	94. 0	7. 64	34. 8	6. 3、3. 2	9	69
5	CRU60+RU40	7	88. 2	7. 40	30. 9	5. 1、2. 7	10	70
6	CRU45+RU55	6	81. 5	8. 14	29. 3	7. 5、2. 4	9	64
7	CRU30+RU70	6	89. 5	7. 59	39. 3	9. 1、2. 1	7	60
8	(CRU100) × 0. 8	8	91. 2	7. 86	39. 2	7. 4、2. 2	11	72
9	(CRU75+RU25) × 0. 8	5	89. 6	7. 72	33. 4	6. 6、2. 5	8	65
10	(CRU60+RU40) × 0. 8	7	84. 9	7. 26	32. 5	6. 8、2. 3	8	72
11	(CRU45+RU55) × 0. 8	7	92. 4	7. 47	39. 5	5. 6、2. 1	11	68
12	(CRU30+RU70) × 0. 8	8	91. 5	8. 53	38. 8	7. 8、3. 0	10	63

表 4 抽穗期水稻各处理的光合生理指标（8 月 15 日）

编号	处理	净光合速率 A	蒸腾速率 E	胞间 CO_2 浓度 Ci	气孔导度 Gs
1	CK（不施氮肥）	24. 03	13. 55	187. 2	1. 35
2	RU100	26. 07	15. 99	246. 2	1. 67
3	CRU100	25. 48	18. 86	219. 0	0. 79
4	CRU75+RU25	28. 46	16. 86	209. 4	0. 51
5	CRU60+RU40	25. 70	15. 14	196. 8	0. 47
6	CRU45+RU55	24. 73	13. 59	111. 2	0. 34
7	CRU30+RU70	29. 35	18. 31	144. 6	0. 58
8	(CRU100)×0. 8	28. 87	18. 20	138. 8	0. 47
9	(CRU75+RU25)×0. 8	26. 03	18. 02	167. 0	0. 48
10	(CRU60+RU40)×0. 8	26. 28	15. 58	122. 8	0. 35
11	(CRU45+RU55)×0. 8	24. 09	17. 39	177. 8	0. 49
12	(CRU30+RU70)×0. 8	26. 86	20. 33	180. 2	0. 76

2.3 不同施肥处理水稻产量及经济性状的差异

表 5 可以看出，控释尿素 100% 处理的有效穗数比普通尿素处理减少 1 个，但穗粒数差异不大，而结实率和千粒重反而有所增加。控释尿素与普通尿素按照 75：25、60：40、45：55 以及 30：70 不同配比处理的有效穗数、穗粒数、结实率以及千粒重均有所增加或相当，其中

表 5 水稻成熟期各处理的经济性状

编号	处理	有效穗数	穗长（厘米）	穗粒数	瘪粒数	结实率（%）	千粒重（克）
1	CK（不施氮肥）	5	26. 4	178. 4	34. 1	83. 3	25. 9
2	RU100	7	29. 4	181. 1	33. 1	84. 5	28. 1
3	CRU100	6	26. 3	179. 2	32. 4	86. 5	29. 1
4	CRU75+RU25	8	27. 8	215. 1	31. 1	87. 4	29. 0
5	CRU60+RU40	8	29. 0	182. 2	29. 1	86. 1	27. 9
6	CRU45+RU55	7	26. 9	202. 4	35. 4	85. 1	27. 5
7	CRU30+RU70	8	27. 5	183. 7	30. 4	84. 3	31. 1
8	(CRU100)×0. 8	7	27. 3	183. 1	29. 1	86. 3	32. 4
9	(CRU75+RU25)×0. 8	8	27. 3	193. 8	25. 8	88. 3	28. 4
10	(CRU60+RU40)×0. 8	6	26. 6	194. 3	27. 7	87. 5	28. 3
11	(CRU45+RU55)×0. 8	8	30. 5	215. 5	25. 3	89. 5	29. 9
12	(CRU30+RU70)×0. 8	7	26. 5	180. 0	34. 7	83. 0	27. 2

表 6 水稻收获期各处理的产量结果（9 月 19 日）

编号	处理	小区产量（公斤）			单产（毫克/公斤）	与 RU100 对比 ±%
		Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ		
1	CK（不施氮肥）	11. 5	12. 0	12. 5	6000 eD	–20. 0
2	RU100	15. 2	15. 0	14. 8	7500 cdBC	—
3	CRU100	14. 1	14. 5	15. 1	7250 dBC	–3. 3
4	CRU75+RU25	16. 5	16. 0	15. 5	8000 abA	+6. 7
5	CRU60+RU40	16. 2	15. 9	15. 6	7950 abA	+6. 0
6	CRU45+RU55	15. 7	16. 0	16. 3	8000 abA	+6. 7
7	CRU30+RU70	16. 5	16. 2	15. 9	8100 aA	+8. 0
8	(CRU100)×0. 8	15. 3	15. 0	14. 7	7500 cdBC	0
9	(CRU75+RU25)×0. 8	16. 0	16. 2	16. 4	8100 aA	+8. 0
10	(CRU60+RU40)×0. 8	15. 7	15. 4	15. 1	7700 bcAB	+2. 7
11	(CRU45+RU55)×0. 8	15. 7	16. 0	16. 3	8000 abA	+6. 7
12	(CRU30+RU70)×0. 8	15. 0	14. 5	14. 0	7250 dC	–3. 3

表 7　小区产量的方差分析表					
变异来源	平方和	自由度	均 方	F 值	p 值
区组间	0. 0606	2	0. 0303	0. 2090	0. 8129
处理间	46. 9497	11	4. 2682	29. 4710	0. 0001
误 差	3. 1861	22	0. 1448		
总变异	50. 1964	35			

CRU75+RU25 处理的穗粒数最高，比普通尿素 100% 处理增加 34 粒，增幅达 18.8%，比控释尿素 100% 处理增加 20.0%。在不同配比尿素用量减少 20% 的施肥的处理中，除了 CRU30+RU70 配比处理的穗长、穗粒数、千粒重和结实率比尿素 100% 处理减少外，其他各处理均有所增加。可见，控释尿素和普通尿素搭配使用，对促进有效穗数、穗粒数、千粒重和结实率的增加有一定效果。而且在施肥量减少 20% 以后，控释尿素和普通尿素搭配仍然有较好的效果。

表 7 小区产量的方差分析结果表明，处理间差异达到极显著差异水平，区组间差异不显著，表明试验结果可靠，从表 6 的多重比较结果来看，控释尿素 100% 处理比普通尿素处理减产 3.3%，差异不显著；控释尿素与普通尿素的不同配比处理的产量均显著高于普通尿素 10% 处理，增幅在 6–8%，差异达显著和极显著水平。在减量 20% 的处理中，控释尿素 80% 处理与普通尿素 100% 处理产量相当，CRU30+RU70 配比处理比普通尿素 100% 处理减产 3.3%，差异不显著，其他处理均增产，幅度为 2.7–8.0%，增产最多的为（CRU75+RU25）×0.8，与普通尿素 100% 处理相比增产极显著，该处理的产量与 CRU30+RU70 处理产量相当。由此可见，在现有的栽培水平下，当每公顷施 N180 公斤、P_2O_5 90 公斤、K_2O 135 公斤时，控释尿素 30% 与普通尿素 70% 的配比产量最高；当亩施 N 144 公斤、P_2O_5 90 公斤、K_2O180 公斤时，控释尿素 75% 与普通尿素 25% 的配比产量最高。可见增施钾肥对促进氮肥的吸收和利用具有重要作用，因此，在该区域的水稻生产上，建议的施肥配方为：每公顷施 N144 公斤（控释尿素 75%+ 普通尿素 25%）、P_2O_5 90 公斤、K_2O180 公斤。

表 8 结果表明，氮肥减量 20% 以后，各处理的增产效果随着控释尿素与普通尿素的比例不同而存在较大差异，控释尿素比例越高的处理，减量 20% 后的增产效果越好，因此，采用控释尿素作氮肥，可以适当减少氮肥的使用量，有利于降低肥料成本，还能够防治氮肥的流失，保护环境。

表 8　各处理减量 20% 氮肥后的产量对比			
处理	单产（公斤 / 公顷）	减量 20% 的单产（公斤 / 公顷）	减量 20% 产量 ±%
CRU100	7250	7500	+3. 4
CRU75+RU25	8000	8100	+1. 3
CRU60+RU40	7950	7700	–3. 1
CRU45+RU55	8000	8000	0
CRU30+RU70	8100	7250	–10. 5