控释氮肥对四川一季中稻产量及氮肥利用率的影响

陈 琨[1] 秦鱼生[1] 喻 华[1] 樊红柱[1] 曾祥忠[1] 孙锡发 涂仕华[1, 2*]

（1. 四川省农业科学院土壤肥料研究所，四川 成都，610066； 2. 国际植物营养研究所成都代表处，四川 成都，610066）

摘要：氮肥在土壤中极易损失（氨挥发、硝态氮淋失和反硝化）的特点是造成氮肥利用率低的主要原因。缓 / 控释肥料使用简便，被认为是环境友好和提高肥料利用率的优良肥料新品种。为验证高分子包膜尿素在四川一季中稻上的应用效果以及为四川水稻简化高效施肥提供技术支撑，于 2009–2010 年在位于成都平原上的彭州市开展水稻田间试验。试验设 9 个处理，3 次重复，分别为 N0（CK）、N75（RU）底、N75（CRU）底、N112. 5（RU）底、N112. 5（CRU）底、N150（RU）底、N150（CRU）底、N150（40%RU 底 +60%RU 追）、N150（40%RU +60%CRU）底。结果表明，无论是普通尿素还是控释尿素，水稻产量均随氮肥用量的增加而增加；与普通尿素相比，在等氮量情况下控释尿素增产稻谷 3. 6%–11. 4%，氮肥利用率提高 10 个百分点以上，氮肥农学效率增加 25.0%–54. 0%；普通尿素底肥 + 追肥的效果优于普通尿素一次施肥，40% 普通尿素和 60% 控释尿素作底肥一次施用的效果优于其他所有普通尿素处理。根据试验结果，成都平原一季中稻区的控释尿素最适用量为 110–120 公斤 N/ 公顷。试验证明高分子包膜控释尿素是一种高效和环境有好的新型肥料，可在四川稻区推广应用。

关键词：控释尿素；水稻；氮；施用量；利用率；农学效益

氮素是生命繁衍、成长和活动的重要元素，在作物产量和品质形成中起着关键作用[1–2]。中国氮肥消费量占世界氮肥总量的 30%，水稻生产所消耗的氮肥占世界水稻氮肥总消耗量的 37%[3]。但是，我国水稻生产中氮肥施用量高而肥料利用率低的问题尤为突出，水稻单季平均施氮量为 180 公斤 / 公顷，比世界平均水平高出约 75%，而稻田氮肥吸收利用率仅为 30%–35%，低于发达国家 10–15 个百分点[4–5]，不仅造成氮肥严重浪费，还产生了一系列环境污染问题[6]。当前，我国正开展化学肥料零增长行动，化肥减施增效已成为重大科学命题，而控释氮肥是提高氮肥利用率、减少稻田氮素损失以及化肥减施增效调控的重要途径和措施之一[7–8]。因此，开展控释氮肥应用评价研究具有重要意义。

四川是农业大省，水稻常年种植面积为 2987.7 万亩，水稻产量 1526.5 万吨[6]。肥料上的投入量较大，但利用率低，损失大。为此，我们以加拿大 Agrium 公司设计生产的高分子材料包膜的控释尿素（含氮量 44%）为材料，在四川盆地一季中稻免耕栽培区域开展研究，以期探究控释氮肥在免耕条件下的适应性与效果，为水稻简化高效施肥提供新技术。

1 材料与方法

1.1 材料

试验安排在四川省彭州市升平镇龙富村 17 社，土壤系第四纪新冲积母质形成的灰棕水稻土，质地中壤，富含氮、磷，缺钾，肥力水平较高，旱育秧，翻耕移栽，前作为油菜，供试品种为涪优 838。2009–2010 供试土壤基本肥力性状见表 1。

表 1 2009–2010 供试土壤基本肥力性状

处理	pH	有机质	全氮	全磷	全钾	碱解氮	有效磷	有效钾
		(%)				（毫克 / 公斤）		
2009 年试验地块	4. 7	3. 51	0. 191	0. 092	1. 399	175. 1	38. 1	57. 8
2010 年试验地块	6. 16	3. 21	0. 212	0. 060	1. 15	168	14. 6	60

收稿日期：

基金项目：公益性行业（农业）科研专项 (201503118 － 11)；国家重点研发计划项目 (2016YFD0300907)

作者简介：陈 琨 (1983 －)，男，四川资中人，硕士研究生，从事土壤肥料与资源环境可持续利用研究，Email:chenkun410@163. com.

* 通讯作者，Email:stu@ipni. net。

1.2 试验设计

2009 和 2010 年试验均设 9 个处理：1、N0（CK）；2、N75（RU）底；3、N75（CRU）底；4、N112.5（RU）底；5、N112.5（CRU）底；6、N150（RU）底；7、N150（CRU）底；8、N150（40%RU 底 +60%RU 追）；9、N150（40%RU+60%CRU）底。RU= 普通尿素，CRU= 控释尿素，下标数字为纯氮用量（公斤 N/ 公顷），底指底肥，追指追肥。此外，每个处理都施用 60 公斤 P_2O_5 / 公顷和 90 公斤 K_2O/ 公顷。试验设 3 次重复，小区随机排列，面积 4×5 米 =20 平方米。磷肥用过磷酸钙，钾肥用氯化钾，第 2、3、4、5、6、7、9 处理的氮肥及所有处理的磷肥栽秧时底肥一次施用，氯化钾底肥和分蘖时各 50%。

1.3 测定项目

水稻移栽前取试验田土壤分析 pH、有机质、全氮磷钾、碱解氮、有效磷、有效钾；定期调查水稻基本苗、分蘖动态、有效穗、最高苗、产量等指标，收获后每小区取 3 株植株样考察千粒重、籽粒重、秸秆重、穗长、株高等性状，并分析植株全量氮磷钾指标。

1.4 统计分析及计算公式

对以上考察性状和测试指标进行平均值、标准差和方差分析。所有计算由 DPS 数据处理系统和 Microsoft Excel 操作系统完成。

植株氮磷钾吸收量（公斤 / 公顷）= 收获期单位面积地上部干物重 × 植株含氮磷钾量 (%)

2 结果与讨论

2.1 控释尿素对水稻产量的影响

2009 年水稻产量总体高于 2010 年产量（表 2），这可能与两年试验地的肥力和气候等因素等差异有关。2009

表 2 控释尿素对灰棕水稻土水稻产量的影响

处理	2009 产量	比 RU_{150} 增 / 减产		2010 产量	比 RU_{150} 增 / 减产	
	（公斤 / 公顷）	（公斤 / 公顷）	(%)	（公斤 / 公顷）	（公斤 / 公顷）	(%)
N_0(CK)	6783. 1 e	–2011. 3	–22. 87	4167. 4 f	–2634. 5	–38. 73
N_{75} (RU) 底	8760. 9 d	–33. 5	–0. 38	5276. 8 e	–1525. 1	–22. 42
N_{75} (CRU) 底	9037. 8 cd	243. 4	2. 77	5876. 0 cd	–925. 9	–13. 61
$N_{112.5}$(RU) 底	8876. 7 d	82. 3	0. 94	5568. 7 de	–1233. 2	–18. 13
$N_{112.5}$ (CRU) 底	9706. 3 a	911. 9	10. 37	5932. 0 c	–869. 9	–12. 79
N_{150} (RU) 底	8794. 4 d	– –	– –	6801. 9 b	– –	– –
N_{150}(CRU) 底	9549. 8 ab	755. 4	8. 59	7459. 7 a	657. 8	9. 67
N_{150}(RU 40% 底 +60% 追）	9056. 2 cd	261. 8	2. 98	6995. 8 b	193. 9	2. 85
N_{150} (40%RU+60%CRU) 底	9312. 5 bc	518. 1	5. 89	7120. 4 b	318. 5	4. 68

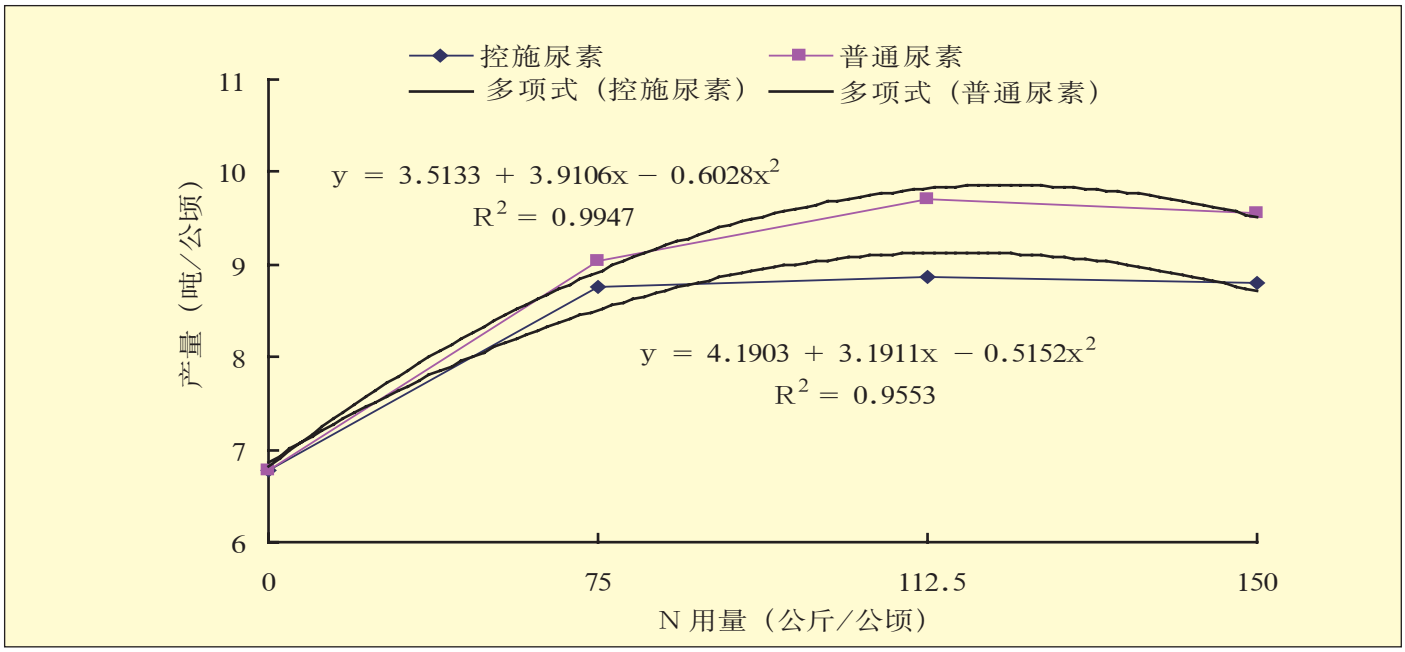

图 1 灰棕水稻土控释尿素用量对水稻产量的影响

年，普通尿素处理的水稻产量随着氮肥施用量增加而逐渐增加，而控释尿素处理的产量则先随氮肥施用量增加而增加，施氮量 >112.5 公斤 N/ 公顷后产量下降。在等 N 量条件下 2009 年施氮 75 公斤 N/ 公顷时控释尿素比普通尿素增产 276.9 公斤 / 公顷（3.61%），112.5 公斤 N/ 公顷时增产 829.6 公斤（9.35 %），150 公斤 N/ 公顷时增产 755.4 公斤（增长 8.59%）。

无论是普通尿素还是控释尿素，2010 年的水稻产量均随施氮量的增加而增加。与普通尿素相比，等 N 量时 75 公斤 N/ 公顷控释尿素增产 599.3 公斤 / 公顷（11.36%），112.5 公斤 N/ 公顷增产 363.3 公斤（6.52 %），150 公斤 N/ 公顷增产 657.7 公斤（9.67%）。

两年结果都表明普通尿素分次施用较底肥一次施用显著增产水稻产量；虽然 40% 普通尿素 +60% 控释尿素配合作底肥一次施用效果不如 100% 控释尿素底肥一次施用，但增产效果又明显优于普通尿素作底肥一次施用或分次施用。

经二次多项拟合分析，控释尿素的多项式为 $y = 3.5133 + 3.9106x - 0.6028x^2$，$R^2 = 0.9947$；普通尿素的多项式为 $y = 4.1903+3.1911x - 0.5152x^2$，$R^2 = 0.9553$，都属于二次曲线。施 N 量大于 125.5 公斤 / 公顷时稻谷产量下降（图 1）。

表 3 控释尿素量对水稻分蘖率和有效穗的影响

年份	处理	基本苗（万 / 公顷）	最高苗（万 / 公顷）	有效穗（万 / 公顷）	成穗率 (%)	成穗率增加（万 / 公顷）	成穗率增加 (%)
2009	N_0(CK)	67. 65	253. 35	153. 08	85. 86	– –	– –
	N_{75} (RU) 底	67. 35	239. 52	183. 69	76. 69	– –	– –
	N_{75} (CRU) 底	67. 05	235. 02	188. 85	80. 36	54. 96	4. 78
	$N_{112.5}$(RU) 底	71. 55	292. 65	193. 90	66. 26	– –	– –
	$N_{112.5}$ (CRU) 底	73. 24	289. 04	199. 00	68. 85	38. 86	3. 91
	N_{150} (RU) 底	66. 15	296. 25	178. 59	60. 28	– –	– –
	N_{150}(CRU) 底	65. 25	295. 35	224. 51	76. 02	235. 99	26. 10
	N_{150}(RU 40% 底 +60% 追）	65. 55	286. 34	199. 00	69. 50	– –	– –
	N_{150} (40%RU+60%CRU) 底	65. 70	263. 83	204. 10	77. 36	117. 96	11. 32
2010	N_0(CK)	70. 16	163. 70	144. 56	88. 31	– –	– –
	N_{75} (RU) 底	70. 16	278. 50	195. 59	70. 23	– –	– –
	N_{75} (CRU) 底	68. 03	272. 12	199. 84	73. 44	3. 21	4. 57
	$N_{112.5}$(RU) 底	72. 28	329. 52	204. 09	61. 94	– –	– –
	$N_{112.5}$ (CRU) 底	74. 41	321. 02	263. 62	82. 12	20. 18	32. 59
	N_{150} (RU) 底	74. 41	314. 64	263. 62	83. 78	– –	– –
	N_{150}(CRU) 底	70. 16	310. 39	267. 87	86. 30	2. 52	3. 00
	N_{150}(RU 40% 底 +60% 追）	68. 03	321. 02	246. 61	76. 82	– –	– –
	N_{150} (40%RU+60%CRU) 底	74. 41	325. 27	259. 37	79. 74	2. 92	3. 80

表 4 控释尿素对水稻产量构成因素的影响

处理	2009 实粒数（粒 / 穗）	2009 粒重（克 / 穗）	2009 杆重（克 / 穗）	2009 千粒重（克）	2010 实粒数（粒 / 穗）	2010 粒重（克 / 穗）	2010 杆重（克 / 穗）	2010 千粒重（克）
N_0(CK)	175. 93	3. 63	3. 14	24. 78	94. 7	3. 92	1. 81	31. 83
N_{75} (RU) 底	159. 98	3. 94	3. 80	24. 64	91. 7	4. 47	2. 02	31. 18
N_{75} (CRU) 底	165. 29	4. 21	4. 08	25. 44	103. 6	3. 78	1. 70	31. 36
$N_{112.5}$(RU) 底	137. 03	3. 34	3. 89	24. 34	103. 9	3. 35	1. 70	30. 92
$N_{112.5}$ (CRU) 底	166. 97	4. 18	3. 68	25. 01	118. 5	3. 79	1. 92	32. 24
N_{150} (RU) 底	141. 62	3. 73	3. 65	26. 36	139. 3	3. 13	1. 55	32. 25
N_{150}(CRU) 底	163. 14	3. 89	3. 17	23. 83	122. 1	3. 35	1. 58	33. 03
N_{150}(RU 40% 底 +60% 追）	144. 20	3. 55	3. 38	24. 61	124. 6	3. 10	1. 45	31. 55
N_{150} (40%RU+60%CRU) 底	180. 62	4. 30	3. 70	23. 81	124. 9	4. 31	1. 81	32. 26

2.2 控释尿素对水稻最高苗和产量构成因素的影响

2009–2010 年间，在移栽后 35 天左右对水稻最高苗的调查表明，所有控释尿素处理的最高苗都不同程度地低于对应等氮量的普通尿素处理，但在生长后期其有效穗和成穗率又明显高于对应的普通尿素处理（表 3）。这表明控释尿素确实能有效控制水稻生长前期的氮素释放速率和水稻无效分蘖的生长，而生长后期又能保证充足的氮素供应形成更多的有效穗。

与普通尿素相比，施用控释尿素能显著增加水稻成穗率：2009 年（150 公斤 N/ 公顷）增加 26.10%，2010 年（112.5 公斤 N/ 公顷）增加 32.59%。40% 普通尿素 +60% 控释尿素作底肥处理比普通尿素 40% 作底肥 +60% 作追肥处理成能明显提高水稻穗率。

从水稻产量构成因素来看，2009 年水稻实粒数总体上明显高于 2010 年，但穗粒重年际间差异不大；2009 年穗杆重上总体高于 2010 年，但千粒重低于 2010 年（表 4）。两年缓释尿素处理的穗粒数、穗粒重和千粒重（2009 年 150 公斤 N/ 公顷处理除外）均高于普通尿素，每穗粒数高 10–20 粒。

2.3 控释尿素对氮肥利用率和农学效率的影响

2.3.1 控释尿素对 N 肥利用率的影响

两年的试验结果表明，控释尿素的氮肥利用率显著高于等氮量普通尿素。无论控释尿素还是普通尿素，氮肥利用率都随施氮量的增加而降低，2010 年出现了反常情况，其原因有待进一步分析确认。氮肥分次施用的利用率明显高于底肥一次施用（表 5）。这些结果进一步证实了控释尿素能增加水稻产量和提高氮肥利用率的作用与效果，为今后控释尿素的应用推广提供了理论依据与技术支撑。

2.3.2 控释尿素对 N 肥农学效率的影响

无论是控释尿素还是普通尿素，氮肥的农学效率都随氮肥用量的增加而降低（表 6）。控释尿素的农学效率总是高于普通尿素，普通尿素分次施用的农学效率总是高于作底肥一次施用。总之，其趋势与氮肥利用率的趋势基本一致。

3 讨论

氮肥合理施用是水稻稳产、高产的基本保证，对提高氮肥利用率和增产效果具有双重意义 [10]。控释氮肥的应用就是氮肥合理施用的方法之一，已有研究结果表明施用控释氮肥能明显提高氮肥利用率和水稻产量。本研究结果显示控释尿素较普通尿素能有效提高水稻产量 3.6%–11.4%，等氮量情况下，控释尿素氮肥利用较普通尿素提高 10 个百分点以上。蒋曦龙等 [11] 研究发现控释尿

表 5 控释尿素对 N 利用率的影响

年份	处理	籽粒产量	谷草产量	籽粒吸收	稻草吸收	合计吸收	N 利用率
		（公斤 / 公顷）		N（公斤 / 公顷）			(%)
2009	N_0(CK)	6783. 1	4462. 5	72. 7	30. 4	103. 1	– –
	N_{75} (RU) 底	8760. 9	4564. 4	103. 2	36. 9	140. 1	49. 34
	N_{75} (CRU) 底	9037. 8	5063. 1	113. 4	42. 5	156. 0	70. 44
	$N_{112.5}$(RU) 底	8876. 7	4562. 2	112. 6	33. 9	146. 5	38. 51
	$N_{112.5}$ (CRU) 底	9706. 3	5924. 8	126. 1	52. 0	178. 1	66. 65
	N_{150} (RU) 底	8794. 4	5080. 4	115. 5	39. 5	155. 0	34. 58
	N_{150}(CRU) 底	9549. 8	7131. 2	118. 1	60. 8	178. 9	50. 51
	N_{150}(RU 40% 底 +60% 追）	9056. 2	6299. 5	117. 1	42. 8	159. 9	37. 87
	N_{150} (40%RU+60%CRU) 底	9312. 5	6048. 7	127. 1	55. 0	182. 1	52. 65
2010	N_0(CK)	4167. 4	1924. 4	59. 2	18. 0	77. 2	– –
	N_{75} (RU) 底	5276. 8	2381. 2	69. 3	20. 3	89. 6	16. 46
	N_{75} (CRU) 底	5876. 0	2644. 8	88. 2	22. 4	110. 6	44. 47
	$N_{112.5}$(RU) 底	5568. 7	2829. 6	75. 8	24. 6	100. 5	20. 66
	$N_{112.5}$ (CRU) 底	5932. 0	3013. 1	94. 6	31. 0	125. 5	42. 93
	N_{150} (RU) 底	6801. 9	3374. 0	99. 0	29. 2	128. 2	34. 00
	N_{150}(CRU) 底	7459. 7	3513. 8	129. 5	36. 8	166. 3	59. 38
	N_{150}(RU 40% 底 +60% 追）	6995. 8	3281. 4	110. 7	35. 1	145. 8	45. 71
	N_{150} (40%RU+60%CRU) 底	7120. 4	2990. 9	120. 1	31. 3	151. 4	49. 46

表 6 控释尿素对 N 农学效率的影响

处理	2009			2010		
	籽粒产量（公斤 / 公顷）6783. 1	N 农学效率（公斤 /N）	增加 (%)	籽粒产量（公斤 / 公顷）4167. 4	N 农学效率（公斤 /N）	增加 (%)
N_0(CK)		– –	– –		– –	– –
N_{75} (RU) 底	8760. 9	26. 4	– –	5276. 8	14. 8	– –
N_{75} (CRU) 底	9037. 8	30. 1	14. 00	5876. 0	22. 8	54. 02
$N_{112.5}$(RU) 底	8876. 7	18. 6	– –	5568. 7	12. 5	– –
$N_{112.5}$ (CRU) 底	9706. 3	26. 0	39. 63	5932. 0	15. 7	25. 93
N_{150} (RU) 底	8794. 4	13. 4	– –	6801. 9	17. 6	– –
N_{150}(CRU) 底	9549. 8	18. 4	37. 56	7459. 7	21. 9	24. 97
N_{150}(RU 40% 底 +60% 追）	9056. 2	15. 2	– –	6995. 8	18. 9	– –
N_{150} (40%RU+60%CRU) 底	9312. 5	16. 9	11. 27	7120. 4	19. 7	4. 40

素养分释放与水稻养分吸收呈显著正相关性，更能满足水稻对养分的吸收，氮肥利用率提高了 50% 以上；王晓琪等 [12] 研究结果表明控释尿素配施使土壤硝态氮、铵态氮和碱解氮含量维持在较高水平，更有利于水稻中后期氮素供应，较普通尿素水稻产量增加了 4.08%–16.99%，氮肥利用率提高了 7.11%–46.75%；焦晓光等 [13] 利用 N15 标记研究发现控释尿素比普通尿素氮肥利用率提高了 3.64%– 19.92%，可提高水稻产量 8.66%– 25.70%。

氮肥的合理用量也是关注的重点。本研究设置 75、112.5、150 公斤 / 公顷低中高三个梯度氮肥用量，结果显示控释尿素最适宜的施氮量为 110–120 公斤 / 公顷。李云春 [14] 报道了当水稻目标产量为 8.35–8.41 吨 / 公顷时，控释尿素的适宜施用量为氮 102–128 公斤 / 公顷；而徐明岗等 [8] 在双季稻上的研究结果表明，控释肥用量为 N 75 公斤 / 公顷时与等量尿素相比可分别提高早、晚稻氮肥利用率 29.9 和 10.4 个百分点，可获得高的水稻产量。

本研究两年结果还显示控释尿素（60%）配施普通尿素（40%）一次基肥施用效果明显好于普通尿素分次施用，产量增加 2.99–3.78 个百分点，氮肥利用率提高 4.36–14.78 个百分点，农学效益增加 4.4%–11.27%。付月君等 [15] 研究结果表明一次性基施 40%CRNF+60%UR 可显著提高了水稻产量和氮肥利用率，氮肥表观利用率、农学利用率、生理利用率及氮肥偏生产力也处于较高水平。本研究结果显示，控释尿素（60%）配施普通尿素（40%）一次基肥施用的效果不如等氮量控释尿素（100%）一次基肥施用，与一些研究报道的控释尿素与普通尿素配施效果优于控释尿素单施的结论不一致 [15–16]，这可能与水稻生长的前期温度和土壤的供肥力差异有关。当水稻栽插后的前期气温较低时，土壤供肥力也不足，配施速效氮肥的效果就会促进水稻早生快发，反之展示的则是控释尿素的后期长效优势。

4 结 论

无论是普通尿素还是控释尿素，总体上随着氮肥施用量的增加，产量有所增加，在成都平原中等肥力土壤上的控释尿素最适宜施氮量为 110–120 公斤 / 公顷。控释尿素（60%）配施普通尿素（40%）一次基肥施用效果明显好于普通尿素分次施用，产量增加 2.99–3.78 个百分点，氮肥利用率提高 4.36–14.78 个百分点，农学效率增加 4.4%–11.27%。但控释尿素（60%）+ 普通尿素（40%）一次基肥施用的效果不如等氮量控释尿素（100%）一次基肥施用。等氮量情况下，控释尿素较普通尿素增产 3.61%–11.36%。控释尿素的氮肥利用率显著高于等氮量普通尿素，氮肥利用率随施氮量的增加而降低，普通尿素分次施用的利用率明显高于底肥一次施用（表 5）。控释尿素的农学效率总是高于普通尿素，普通尿素分次施用的农学效率总是高于作底肥一次施用。

参考文献

[1] 张卫峰，马林，黄高强，等．中国氮肥发展、贡献和挑战 [J]. 中国农业科学，2013，46(15):3161–3171.

[2] 巨晓棠，谷保静．我国农田氮肥施用现状、问题及趋势 [J]. 植物营养与肥料学报，2014，20(4):783–795.

[3] 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):1095 –1103.

[4] 李庆逵．中国农业持续发展中的肥料问题 [M]. 江西：江西科学技术出版社，1997.

[5] 王秀斌，徐新朋，孙刚，等．氮肥用量对双季稻产量和氮肥利用率的影响 [J]. 植物营养与肥料学报，2013，19(6):1279–1286.

[6] 蔡祖聪，颜晓元，朱兆良．立足于解决高投入条件下的氮污染问题 [J]. 植物营养与肥料学报，2014，20(1): 1–6.

[7] 鲁艳红，纪雄辉，郑圣先，等．施用控释氮肥对减少稻田氮素径流损失和提高水稻氮素利用率的影响 [J]. 植物营养与肥料学报，2008，14(3): 490–495.

[8] 徐明岗，李菊梅，李冬初，等．控释氮肥对双季水稻生长及氮肥利用率的影响 [J]. 植物营养与肥料学报，2009，15(5):1010–1015.

[9] 四川省农业厅．四川省农业统计年鉴 (2009–2014)[Z].

[10] 鲁艳红，聂军，廖育林，等．不同控释氮肥减量施用对双季水稻产量和氮素利用的影响 [J]. 水土保持学报，2016，30(2):155–161，174.

[11] 蒋曦龙，陈宝成，张民，等．控释肥氮素释放与水稻氮素吸收相关性研究 [J]. 水土保持学报，2014，28(1):216–220.

[12] 王晓琪，朱家辉，陈宝成，等．控释尿素不同比例配施对水稻生长及土壤养分的影响 [J]. 水土保持学报，2016，30(4):178–182.

[13] 焦晓光，罗盛国，闻大中．控释尿素施用对水稻吸氮量及产量的影响 [J]. 土壤通报，2003，34(6):525–528.

[14] 李云春，李小坤，鲁剑巍，等．控释尿素对水稻产量、养分吸收及氮肥利用率的影响 [J]. 华中农业大学学报，2014，33(3):46–51.

[15] 付月君，王昌全，李 冰，等．控释氮肥与尿素配施对单季稻产量及氮肥利用率的影响 [J]. 土壤，2016，48(4): 648–652.

[16] 孙磊．控释氮肥在水稻上的应用效果研究 [J]. 作物杂志，2009，(2): 76–78.