

长江下游单季稻一次性施肥的适宜缓释氮肥筛选

王 强¹, 姜丽娜^{1*}, 潘建清², 符建荣¹, 马军伟¹, 叶 静¹,
俞巧钢¹, 孙万春¹, 邹 平¹, 林 辉¹

(1. 浙江省农业科学院环境资源与土壤肥料研究所, 浙江 杭州 310021;

2. 浙江省长兴县农业局, 浙江 长兴 313100)

摘 要: 为满足长江下游单季稻一次性施肥全生育期供氮需求, 以普通尿素分次施用为对照, 比较了 5 种缓释氮肥一次性施肥处理在单季稻产量、分蘖动态及产量构成因子的差异, 分析了不同处理的单季稻植株不同时期氮含量, 计算了氮肥吸收量及氮肥利用率。通过研究筛选出能支撑长江下游单季稻一次性施肥的缓释氮肥为树脂包膜尿素和聚胺脂包膜尿素, 在减氮 20% 的基础上, 两种缓释尿素分别与 40% 的普通尿素配合一次性施用, 其产量与普通尿素分次施用在统计学上持平且略有增产的趋势, 分蘖数、有效穗、实粒数和千粒重也有增加; 一次性施肥处理的水稻植株含氮量、氮吸收量都高于普通尿素分次施用处理, 氮肥表观利用率提高 2.3% ~ 20.4%。表明在长江下游单季稻种植中, 树脂包膜尿素和聚胺脂包膜尿素支撑下可达到一次性施肥全生育期供氮的目的。

关键词: 长江下游; 单季稻; 一次性施肥; 缓释氮肥

中图分类号: S143.1+5

文献标识码: A

文章编号: 1673-6257 (2018) 03-0048-06

单季稻是长江下游地区主栽粮食作物, 生育期长、产量高、需肥量也较高。长期以来为了提高氮肥的利用率, 大多采用分次施肥。随着水稻规模化种植的发展, 机插秧和机械化收割推广迅速, 施肥成为了最费劳动力的农事活动之一。劳动力的紧缺急需研究与推广水稻轻简化施肥技术, 而且一次性施肥可以与机械耕作或机械插秧同步机施, 进一步节省了施肥的劳动力成本。单季稻一次性施肥要一次性供给单季稻全生育期所需的营养, 只能通过速效、缓效肥料的合理配合满足单季稻的营养需求。近年来已有较多的缓释肥料效果的研究, 表明缓释肥料具有延迟肥料释放、延长供肥期、减少肥料流失的功效^[1-3], 但缓释肥在生产上的大面积应用还较少, 市售缓释肥品种虽然较多, 但是否能满足单季稻长生育期和长期淹水栽培对肥料的缓释性能的

要求尚不明确。本研究通过对不同类型缓释氮肥与速效氮肥组合成一次性施肥方案进行田间试验, 筛选满足长江下游单季稻一次性施肥的缓释氮肥, 达到减肥稳产的要求, 为生产上大面积推广一次性施肥提供技术支撑。

1 材料与方法

1.1 田间试验

田间小区试验于 2013 年分别在浙江省长兴市太湖新城及林城镇两个试验点进行, 供试单季稻品种太湖新城试验点为秀水 519, 全生育期 145 d, 秧龄 25 d 移栽, 林城试验点为秀水 33, 全生育期 150 d, 秧龄 24 d 移栽。供试土壤太湖新城试验点为湖松田, 土壤质地为砂质壤土, 土壤有机质 37.05 g/kg, pH 值 5.79, 全氮 2.36 g/kg, 有效磷 105.2 mg/kg, 速效钾 162.0 mg/kg; 林城试验点供试土壤为青紫泥田, 土壤质地为粉砂质粘土, 土壤有机质 38.36 g/kg, pH 值 5.20, 全氮 2.49 g/kg, 有效磷 9.88 mg/kg, 速效钾 55.0 mg/kg。

1.2 试验处理及供试肥料

田间小区试验设 7 个处理, 3 次重复, 小区面积 30 m², 田间按随机区组排列。处理①N0, 不施氮处理, N、P₂O₅、K₂O 用量分别为 0、60、90 kg/hm²; 处理②UREA, 普通尿素分次施肥, 氮肥

收稿日期: 2017-08-07; 最后修订日期: 2017-11-21

基金项目: 公益性行业 (农业) 科研专项 “主要粮食作物一次性施肥技术研究与示范” (201303103); 平湖市政府 - 浙江农业科学院科技合作项目 “一次性施肥技术关键技术研究示范推广” (PH20150001)。

作者简介: 王强 (1979-), 男, 浙江江山人, 副研究员, 博士研究生, 主要从事植物营养与施肥方面研究, E-mail: qwang0571@126.com。

通讯作者: 姜丽娜, E-mail: jln@mail.hz.zj.cn。

用量 270 kg/hm^2 , 供试氮肥为普通尿素 (N 46.5%), 分基肥 50%、苗肥 20% 及分蘖肥 30% 3 次施用; 处理③NIF, 含硝化抑制剂尿素 (nitrification inhibitor fertilizer, N 45.8%) 的稳定性肥料, 一次性施用, 氮肥用量 225 kg/hm^2 ; 处理④UF, 脲醛 (urea formaldehyde) 复合肥, N - P_2O_5 - K_2O 比例为 22 - 8 - 15, 全部复合肥一次性施用, 氮肥用量 225 kg/hm^2 ; 处理⑤WPCU, 水基丙烯酸酯类聚合物包膜尿素 (water-borne polymer coated urea, N 41.4%), 80% 氮释放期为 60 d, 20% 水基包膜尿素加 80% 普通尿素配合一次性施用, 氮肥用量 225 kg/hm^2 ; 处理⑥RCU, 树脂包膜尿素 (resin coated urea, N 42%), 80% 氮释放期为 90 d, 60% 树脂包膜尿素配 40% 普通尿素一次性施用, 氮肥用量 225 kg/hm^2 ; 处理⑦PCU, 聚胺脂包膜尿素 (polyurethane coated urea, N 44%), 美国生产, 80% 氮释放期为 60 d, 60% 聚胺脂包膜尿素配 40% 普通尿素一次性施用, 氮肥用量 225 kg/hm^2 。各处理磷肥 (P_2O_5) 和钾肥 (K_2O) 用量一致, 分别为 60 和 90 kg/hm^2 。磷肥用过磷酸钙 (P_2O_5 12%), 钾肥用氯化钾 (K_2O 60%)。

1.3 指标计算及统计分析

氮肥表观利用率 (%) = (施氮处理氮吸收量 - 不施氮处理氮吸收量) / 氮肥施用量 $\times 100$ 。稻谷产量及产量构成因子等采用 DPS V2.00 软件进行统计分析, 文中有关图中标误差线为 3 次重复数据的标准差。

2 结果与分析

2.1 缓释氮肥一次性施肥的产量效果

田间小区试验结果 (图 1) 表明: 不同类型的缓释肥支持的一次性施肥明显影响单季稻产量, 适合的缓释肥组成一次性施肥方案单季稻产量可与普通尿素分次施用持平或略有增产。树脂包膜尿素 RCU 在两个试验中分别比普通尿素分次施用处理增产 2.5% 和 4.6%, 聚胺脂包膜尿素 PCU 在两个试验中分别增产 2.5% 和减产 2.5%, 这两个处理在统计意义上与普通尿素分次施用差异不显著。硝化抑制剂尿素 NIU 及水基丙烯酸酯类聚合物包膜尿素 WPCU 产量在林城试验中与普通尿素分次施用基本持平, 而在太湖新城试验中减产超过了 10%, 脲醛肥 UF 则在两个试验中都出现了明显的减产。综合两个试验的结果, 确定 60% 比例的树脂包膜尿素、

聚胺脂包膜尿素分别配合 40% 速效氮肥一次性施用可满足单季稻全生育期供氮需要, 在减氮 20% 的条件下, 一次性施用能取得与普通尿素分次施用持平或略增的产量, 硝化抑制剂尿素和水基丙烯酸酯类聚合物包膜尿素在较粘重、保肥性较好的土壤中增产, 而在粉砂性较强的土壤中则表现为减产, 而供试脲醛肥不适于在长江下游单季稻一次性施肥中应用。

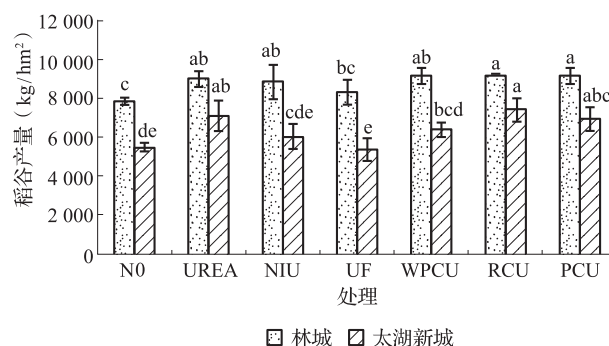


图 1 缓释氮肥一次性施肥对水稻产量的影响

2.2 不同缓释氮肥一次性施肥对单季稻生长和产量构成因子的影响

水稻分蘖期分蘖动态考察结果 (图 2) 表明, 两个试验中一次性施肥处理分蘖盛期分蘖数普遍高于常规分次施肥处理, 有效分蘖数也是明显高于普通尿素分次施用处理, 特别是 RCU 和 PCU 处理分蘖数和有效分蘖数都比较高。由于缓释肥的使用, 一次性施肥处理前期的分蘖有略少于普通尿素分次施用处理的趋势, 尤其是林城试验中分蘖初期缓释肥各处理分蘖数低于普通尿素分次施用处理, 但在分蘖后期分蘖数明显增加, 最终的有效分蘖数也增加。一次性施肥对单季稻分蘖的影响, 可能与缓释肥施用后, 生育前期供氮略少于普通尿素分次施用, 而中后期供氮又高于普通尿素分次施用处理有关。

一次性施肥处理对单季稻株高有明显影响 (表 1), 表现为 RCU 和 PCU 处理株高明显高于普通尿素分期施用处理, 而林城点 NIU、UF、WPCU 处理株高明显低于普通尿素分期施用处理, 太湖新城点则与普通尿素分期施用处理相近。

收获期水稻考种结果 (表 1) 表明, 一次性施肥对水稻产量构成因子的影响主要表现在有效穗、每穗实粒数和千粒重等性状上。林城试验中 RCU 处理有效穗和千粒重都高于普通尿素分期施用处理, 而每穗实粒数略低于普通尿素分期施用处理, 该处

理的增产主要依赖于有效穗和千粒重的提高,表明了该一次性施肥处理在分蘖期、孕穗期和灌浆期的供氮好于普通尿素分期施用处理。而 PCU 处理有效穗数基本与普通尿素分次施用持平,每穗实粒数、千粒重则有所增加,表明了该处理的后期供氮好于普通尿素分期施用处理。WPCU 处理则表现为有效穗、千粒重增加,每穗实粒数有所下降,表明了该

处理分蘖期、孕穗期的供氮好于常规施肥,但灌浆期供氮比普通尿素处理差。NIU 和 UF 处理表现为有效穗数下降,每穗实粒数和千粒重增加,表明了这两个处理在分蘖后期供氮不足,使成穗率下降。太湖新城试验点千粒重变化不大,RCU 处理表现出有效穗、每穗实粒数提高,其它处理则表现为有效穗、每穗实粒数与普通尿素分次施用处理持平或略减。

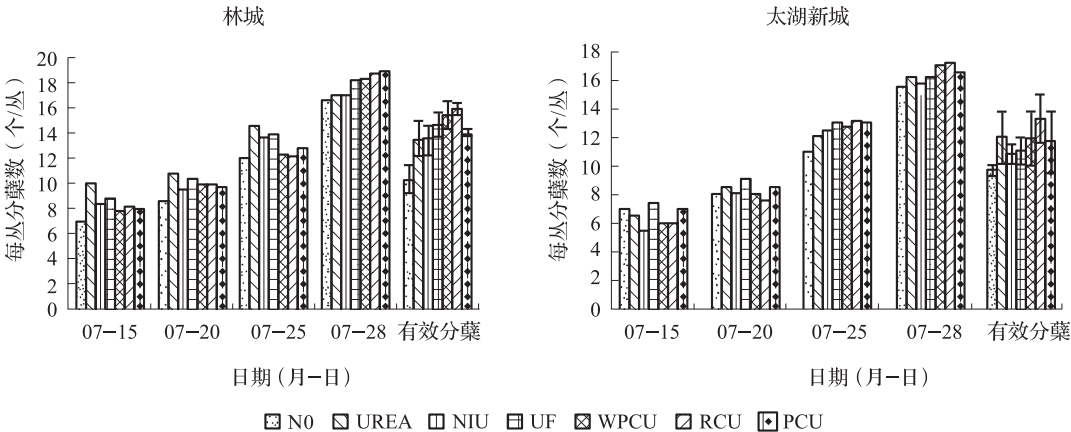


图2 缓释肥一次性施肥对分蘖动态的影响

表1 缓释氮肥一次性施肥对单季稻产量构成因子的影响

处理	株高 (cm)		有效穗 (穗/丛)		每穗实粒数 (个)		千粒重 (g)	
	林城	太湖新城	林城	太湖新城	林城	太湖新城	林城	太湖新城
N0	84.3c	77.0bc	11.1c	9.7c	113.0a	109.3a	24.4cd	25.8a
UREA	95.7a	77.7bc	14.5ab	12.0ab	110.3a	98.0abc	24.1d	25.8a
NIU	90.3b	77.7bc	13.7b	10.8bc	111.3a	98.7abc	25.2a	25.7a
UF	89.8b	75.7c	13.6b	11.1abc	112.3a	87.0bc	24.8abc	25.7a
WPCU	93.0ab	76.0c	14.7ab	12.0abc	105.3a	84.3c	24.7bc	25.7a
RCU	96.4a	82.0a	16.0a	13.3a	106.5a	104.3ab	25.1ab	25.7a
PCU	95.8a	78.7abc	14.4ab	11.7abc	115.6a	95.7abc	24.8abc	25.6a

注: 同列不同小写字母表示处理间差异显著 ($P < 0.05$)。

2.3 一次性施肥对单季稻氮吸收和氮肥利用率的影响

一次性施肥明显影响单季稻的氮肥吸收和氮肥利用率。收获期植株养分测定结果 (图3) 表明, RCU 处理稻草和稻谷中的氮含量都明显高于普通尿素分次施用处理, 反映了该处理单季稻生育后期供氮充足, 同时从太湖新城试验点分期测定 (图4) 也可看出, RCU 处理从分蘖期开始大部分时期的植株氮含量就高于普通尿素分次施用处理和其它缓释肥一次性施肥处理, 表明 RCU 处理一次性施肥可与分次施用一样满足水稻供氮的需求, 且略优于普通尿素分次施肥处理; PCU 处理收获期氮含量略低

于普通尿素分次施用处理且高于其它缓释肥一次性施肥处理, NIU、UF、WPCU 处理氮含量则在全生育期都明显低于普通尿素分次施用处理, 表明了这几个处理的供氮状况要差于普通尿素分次施肥处理。试验结果表明, 单季稻产量与养分吸收量基本呈一致趋势 (图5), 产量高的处理氮的吸收量也较高。RCU 处理在两个试验点中的氮吸收量明显高于普通尿素的氮吸收量, PCU 处理氮吸收量基本与普通尿素分次施用相近, NIU、UF、WPCU 处理的氮吸收量明显低于普通尿素分次施用处理。表明这几个处理供氮不能满足单季稻高产的需求, 供氮不足、吸氮量低是引起减产的主要原因。

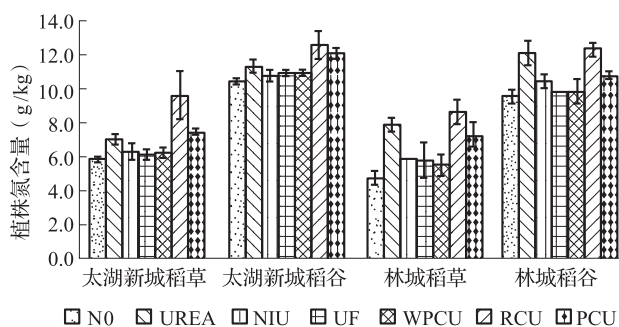


图3 缓释氮肥一次性施肥对收获期植株氮含量的影响

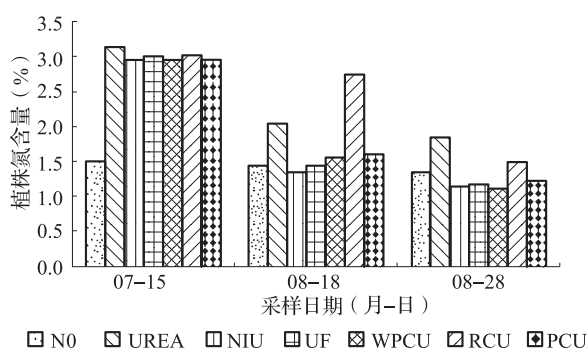


图4 太湖新城不同时期植株氮含量

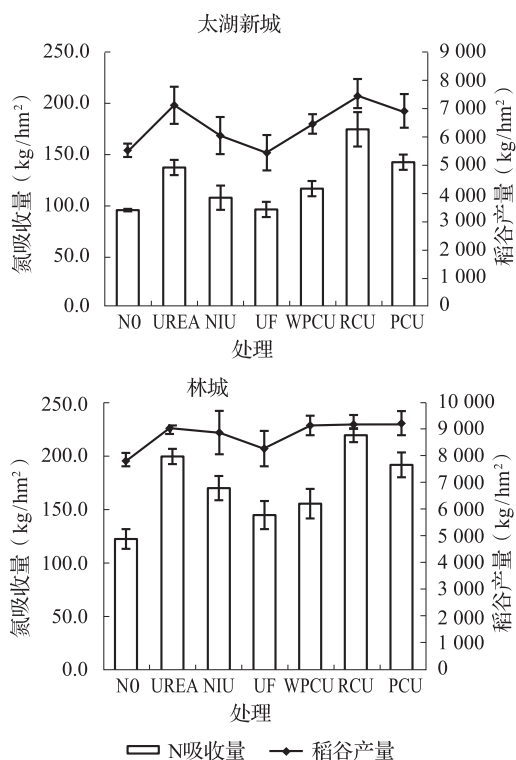


图5 缓释氮肥一次性施肥对单季稻氮吸收及稻谷产量的影响

一次性施肥处理引起作物吸氮量和产量的差异,还明显影响氮肥的表观利用率,从图6可看出,不同一次性施肥组合的氮肥表观利用率差异较大,RCU处理在两个试验点中的氮肥表观利用

率是最高的,分别达到36.1%和43.5%,PCU处理的氮肥利用率为21.8%和31.8%,虽低于RCU处理,但也都高于普通尿素分次施用处理和NIU、UF和WPCU处理,NIU、UF和WPCU处理氮肥表观利用率都明显低于普通尿素分次施用处理。从两个试验点氮肥利用率的比较,可看出林城试验点的土壤较粘重,其保肥性较好,氮肥利用率也高,太湖新城试验点土壤偏砂性,保肥性较差,氮肥利用率较低。



图6 缓释氮肥一次性施肥对氮肥利用率的影响

3 讨论

3.1 适合长江下游单季稻一次性施肥的缓释肥筛选

本研究为适应长江下游单季稻一次性施肥筛选不同的缓释肥品种,从单季稻产量、分蘖动态、产量构成因子、作物氮含量、作物氮吸收等方面考察了5种不同缓释肥的表现,结果表明,树脂包膜尿素(RCU)和聚胺脂包膜尿素(PCU)比较适合在长江下游较长生育期的单季稻一次性施肥中应用,其产量基本与普通尿素分次施用持平或略有增产,分蘖盛期分蘖数及有效分蘖数也高于普通尿素分次施用,产量构成中主要提高有效穗数、实粒数和千粒重,从两个处理的收获期和分期的氮含量看,RCU和PCU处理都较普通尿素分期处理高,氮吸收量也较高,说明了这两种肥料能满足一次施用单季稻全生育期供氮的要求,能保证一次性施肥获得单季稻的高产。本研究的RCU树脂包膜尿素对单季稻的增产效果与袁嫚嫚等^[4]树脂包膜尿素与常规尿素7:3一次性基肥比常规尿素基追分次施用增产7.5%,刘益曦等^[5]对树脂包膜尿素6年田间定位研究,水稻产量明显高于普通尿素处理,李敏等^[6]盆栽试验研究树脂包膜尿素明显比普通尿素增产等研究结果一致,聚胺脂包膜尿素对产量的结果与洪

腊宝^[7] 70% PCU 缓释肥加 30% 尿素一次性施用, 比常规多次施肥增产 7.4% 的结果相一致。在本研究中硝化抑制剂类稳定性肥料在不同的试验点效果有差异, 在土壤较粘重的试验点表现为与普通尿素分期施用平产, 可满足一次性施肥的要求, 但在较砂性的土壤中表现为减产, 与张木等^[8] 对稳定性肥料一次性施用的研究结果基本一致, 同时也提出了保证一次性施肥效果要求土壤有较好的保肥能力。水基包膜尿素在本研究中也表现出不同土壤的差异, 在土壤较粘重的试验点表现为与普通尿素分期施用平产, 可满足一次性施肥的要求, 但在较砂性的土壤中表现为减产, 与辛志远等^[9] 对水基包膜尿素的研究结果基本一致, 但在较砂性的土壤中表现为减产, 可能与土壤保肥能力较差, 同时该肥料为降低施肥成本推荐缓释肥比例为 20%, 明显低于 RCU 和 PCU 处理的 60%, 适当提高缓释肥比例可能会有更好的效果。脲醛肥料在水稻中应用的研究报导较少, 在本研究中两个试验点都明显表现出减产, 结果与解永军等^[10] 水稻施用脲醛肥与常规尿素一次性施用相比增产 4.7% 和 10.3% 的结果不同, 可能与本试验中以普通尿素分期施用作对照比较有关, 普通尿素一次性施用比普通尿素分期施用易减产。本研究 5 种缓释肥支撑一次性施肥的结果是: RCU、PCU 适合较粘性和较砂性的土壤一次性施肥, NIU 和 WPCU 适合在较粘性的土壤中一次性施肥, 而 UF 则不适于在长江下游单季稻一次性施肥中应用。

3.2 缓释肥支撑下的一次性施肥的稳产减肥效应

以树脂包膜 (RCU) 或聚胺脂包膜 (PCU) 为基础的缓释肥一次性施肥技术, 在稳产的前提下可减少氮肥用量 20%, 同时明显提高氮肥的利用率, 这主要是缓释肥施用后减少了前期氮肥用量, 中后期氮与作物吸收的同步释放减少了氮的损失。杨梢娜等^[11]、俞巧钢等^[12] 对常规尿素分期施用的研究结果表明, 施肥量达 270 kg/hm² 时, 其氮肥的损失量可达 50% 以上, 通过氨的挥发损失达到 20% 以上, 树脂包膜 RCU 和聚胺脂包膜 PCU 处理由于缓释肥与速效氮肥 60% 和 40% 的配合一次性施用, 使前期施入土壤中的速效尿素明显减少, 后期的释放又基本与作物的吸收相同步, 故减少了氮肥流失的风险。缓释肥施用提高氮肥利用率主要是通过减少氮肥的用量, 而氮肥的吸收不减少, 使氮肥的利用率提高。结果与李敏等^[6]、袁嫋嫋等^[4] 使用树脂

包膜尿素提高氮肥利用率的结果相一致。

4 结论

通过研究筛选出了 90 d 释放期的树脂包膜尿素和 60 d 释放期的聚胺脂包膜尿素是能满足长江下游单季稻一次性施肥需求的缓释氮肥品种, 两种缓释尿素分别与 40% 的普通尿素配合一次性施用, 其产量与普通尿素分次施用在统计学上持平且呈略有增产的趋势, 分蘖数、有效穗、实粒数和千粒重也有增加。添加硝化抑制剂尿素和水基丙烯酸酯类聚合物包膜尿素在质地较粘重、保肥性好的土壤上也能达到一次性施肥的效果, 产量与普通尿素分次施用持平, 但在砂性较强、保肥性较差的土壤上还不能达到一次性施肥全生育期充足供氮的效果。

树脂包膜尿素或聚胺脂包膜尿素一次性施肥可减少施氮量 20%, 水稻产量与分次施肥处理持平或略增产, 水稻植株含氮量、氮吸收量都高于普通尿素分次施用处理, 氮肥利用率提高 2.3% ~ 20.4%。表明在适宜的缓释肥支撑下, 一次性施肥不但能节省劳动力成本, 还有明显的减氮和提高氮肥利用率的效果。

参考文献:

- [1] 樊小林, 刘芳, 廖照源, 等. 我国控释肥料研究的现状和展望 [J]. 植物营养与肥料学报, 2009, 15 (2): 463-473.
- [2] 李敏, 叶舒娅, 刘枫, 等. 我国控释氮肥应用研究现状综述 [J]. 安徽农学通报, 2012, 18 (11): 98-100.
- [3] 叶青军. 试论包衣型缓控释肥料研究进展 [J]. 农业与技术, 2015, 35 (21): 34-35.
- [4] 袁嫋嫋, 叶舒娅, 李枫, 等. 树脂包膜尿素对水稻产量和氮肥利用率的影响 [J]. 中国农业气象, 2011, 32 (增 1): 83-87.
- [5] 刘益曦, 袁玲, 伍绍福, 等. 两种包膜控释尿素对水稻产量和土壤理化性质的影响 [J]. 浙江农业学报, 2015, 27 (7): 1213-1220.
- [6] 李敏, 郭煦盛, 叶舒娅, 等. 硫膜和树脂包膜控释尿素对水稻产量、光合特性及氮肥利用率的影响 [J]. 植物营养与肥料学报, 2013, 19 (4): 808-815.
- [7] 洪腊宝. 水稻施用加拿大加阳缓释肥料的效果 [J]. 农技服务, 2013, 30 (4): 362-363.
- [8] 张木, 唐栓虎, 黄旭, 等. 一次性施肥对水稻产量及养分吸收的影响 [J]. 中国农学通报, 2016, 32 (3): 1-7.
- [9] 辛志远, 王昌全, 申亚珍, 等. 水基包衣控释掺混肥料一次性施用对单季稻氮素利用的影响 [J]. 农业环境科学学报, 2016, 35 (1): 109-114.
- [10] 解永军, 邵明升, 王红, 等. 脲醛缓释肥料在水稻上的应用研究 [J]. 磷肥与复肥, 2015, 30 (4): 51-53.

- [11] 杨梢娜, 俞巧钢, 叶静, 等. 施氮水平对杂交晚粳“浙优12”产量及氮素利用效率的影响 [J]. 植物营养与肥料学报, 2010, 16 (5): 1120–1125.
- [12] 俞巧钢, 叶静, 杨梢娜, 等. 不同施氮量对单季稻养分吸收及氮挥发损失的影响 [J]. 中国水稻科学, 2012, 26 (4): 487–494.

Screening of slow release nitrogen fertilizer suitable for one-time fertilization on single cropping rice in the lower reaches area of Yangtze River

WANG Qiang¹, JIANG Li-na^{1*}, PAN Jian-qing², FU Jian-rong¹, MA Jun-wei¹, YE Jing¹, YU Qiao-gang¹, SUN Wan-chun¹, ZOU Ping¹, LIN Hui¹ (1. Institute of Environment, Resource, Soil and Fertilizer, Zhejiang Academy of Agricultural Sciences, Hangzhou Zhejiang 310021; 2. Agricultural Bureau of Changxing County of Zhejiang Province, Changxing Zhejiang 313100)

Abstract: In order to meet the requirement of balanced nitrogen supply with one-time fertilization for single cropping rice in the lower reaches of the Yangtze River, the effects of five types of slow-release nitrogen fertilizer on rice yield, tillering dynamics and yield components were compared in this study. The nitrogen contents of the plants at the critical growing stage of rice in the different treatments were analyzed, and the nitrogen uptake amount of single-rice plants and nitrogen use efficiency were calculated. The results showed that the slow-release nitrogen fertilizer, which could support the one-time fertilization of single cropping rice in the lower reaches of the Yangtze River, was resin-coated urea and polyurethane coated urea. On the basis of 20% nitrogen reduction, the yield of the one-time fertilization treatments of 40% of the conventional urea combined with the two sustained-release urea respectively, was statistically flat and slightly increased compared with that of multiple application of conventional urea. The number of tillers, effective panicles, filled grains per panicle and 1 000-grain weight also increased. The nitrogen concentration and nitrogen uptake of rice plants treated by one-time fertilization were higher than that of multiple application of conventional urea, and the utilization rate of nitrogen fertilizer was increased by 2.3% ~ 20.4%. The results indicated that a balanced fertilization at the whole growth period under the support of one-time fertilization with resin-coated urea and polyurethane coated urea could be achieved in the single cropping rice cultivation in the lower reaches of the Yangtze River.

Key words: lower reaches of the Yangtze River; single cropping rice cultivation; one-time fertilization; slow-release nitrogen fertilizer