

doi: 10.11838/sfsc.1673-6257.18100

## 掺混控释肥侧深施对稻田田面水氮素浓度的影响

侯朋福<sup>1</sup>, 薛利祥<sup>1</sup>, 周玉玲<sup>2</sup>, 李刚华<sup>2</sup>, 杨林章<sup>1</sup>, 薛利红<sup>1\*</sup>

(1. 江苏省农业科学院农业资源与环境研究所, 农业农村部长江下游平原农业环境重点实验室, 江苏 南京 210014; 2. 南京农业大学农学院, 江苏 南京 210095)

**摘要:** 为了明确掺混控释肥侧深施对稻田氮素损失的控制效果, 采用大田试验, 以武运粳 23 号为试验材料, 通过设置无机化肥常规用量分次施用 (CN)、掺混控释肥梯度减量一次性基施 (常规用量、减量 10%、减量 20% 和减量 30%) 共 5 个处理, 研究了掺混控释肥 (RBB) 减量对太湖地区稻田田面水不同形态氮素浓度的影响及产量效益。结果表明, 与无机化肥常规用量分次施用 CN 处理 ( $270 \text{ kg/hm}^2$ ) 相比, RBB 减量 10% ~ 30% 不会造成水稻减产。田面水氮素以铵态氮为主, 无机化肥施用后田面水氮素浓度在施肥后 1 ~ 2 d 即达到峰值浓度, 此后逐渐下降; 掺混控释肥处理的 3 个肥期田面水氮素峰值浓度较低, 均显著低于 CN 处理。由于田面水氮素以铵态氮为主, 因此总氮均值浓度降低幅度与铵态氮较一致。其中, 基肥期、蘖肥期、穗肥期田面水总氮均值浓度两年降低幅度分别为 87.19% ~ 93.87% (2015 年) 和 76.93% ~ 83.48% (2016 年), 69.74% ~ 79.73% (2015 年) 和 74.46% ~ 87.52% (2016 年), 94.43% ~ 96.69% (2015 年) 和 95.52% ~ 96.57% (2016 年)。RBB 减量能够降低前期 (基肥期和蘖肥期) 田面水氮浓度, 总体呈随用量减少而降低的趋势。但减量幅度相近处理的田面水氮素浓度未呈现一致性规律变化。结果说明, RBB 施用减少了太湖地区稻田肥期氮素流失风险, RBB 肥料用量为 189 ~ 216  $\text{kg/hm}^2$  能够在保证水稻产量的前提下降低前期田面水氮素浓度, 减少氮素流失风险。

**关键词:** 水稻; 掺混控释肥; 减量; 产量; 田面水氮浓度

由于人类活动引发的点源污染和面源污染是水体富营养化和水环境污染的重要原因<sup>[1]</sup>。随着公众意识和监管力度的提高, 工业废水和城市生活污水等点源污染得到有效控制, 农村面源污染成为水污染的最重要来源<sup>[2-3]</sup>。农业面源污染中, 氮肥的过量不合理施用是最重要的来源<sup>[4]</sup>。太湖地区是重要的水旱轮作种植区, 农民为追求高产常常大量施用氮肥。由于水稻水分管理的特殊性 & 地区降雨特性等原因, 大量氮肥通过径流、淋洗、氨挥发和  $\text{N}_2\text{O}$  排放等途径进入大气和水环境中, 引发系列问

题<sup>[5-8]</sup>。因此, 为了控制稻田氮肥面源污染损失对环境排放的贡献, 进行农田养分的减量化技术研究成为当前研究热点。

为了控制稻田氮素损失, 科研人员近年来开展了大量的养分优化专题研究, 并逐步形成了农田面源污染治理的系列源头减量技术<sup>[4, 9-10]</sup>。随着化肥研究深入和工艺进步, 缓控释肥料发展取得长足进步<sup>[11-13]</sup>。作为一类新型肥料, 由于肥料的缓效释放, 缓控释肥料能够控制肥料中养分释放速度, 从而满足水稻生长需肥规律, 提高水稻氮素利用率, 减少氮素环境损失<sup>[14-17]</sup>。笔者等<sup>[18]</sup>在另一专题试验中研究发现, 等氮量下, 不同类型缓控释肥料均较常规化肥分次施用减少了稻田氮素损失, 其中掺混控释肥的增产减排效果最好, 是稻田养分管理中较好的替代肥料。但目前的掺混控释肥的研究, 其用量主要参照常规尿素用量进行确定, 减少掺混控释肥用量能够在保证水稻产量的基础上进一步降低面源污染发生风险仍不明确。因此有必要进行掺混控释肥用量的专题试验, 比较不同用量掺混控释肥对水稻产量和田面水氮素浓度的影响, 以此明确太

收稿日期: 2018-03-19; 录用日期: 2018-07-07

基金项目: 国家重点研发计划项目课题“河网平原区稻田面源污染防治技术集成与示范”(2016YFD0801101); 水体污染控制与治理科技重大专项课题“太湖运河农业复合污染控制与清洁流域技术集成与应用”(2017ZX07202004); 国家自然科学基金“秸秆生物炭与硝化抑制剂配施对南方典型水稻土氮素转化过程的影响”(41601319)。

作者简介: 侯朋福 (1986-), 男, 博士, 副研究员, 主要从事农田养分管理与面源污染控制研究。E-mail: pengfuhou100smb@163.com。

通讯作者: 薛利红, E-mail: njxuelihong@gmail.com。

湖稻区基于高产环保的掺混控释肥适宜用量, 以期水稻氮素高效利用和稻田面源污染减排提供技术支持。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验设计

试验于 2015 ~ 2016 年在江苏省宜兴市漳溇村 (东经 119° 54', 北纬 31° 17') 进行。该地区位于长江三角洲太湖流域, 属亚热带湿润季风气候, 年均温 15.7℃, 平均降水 1 100 mm。该区域水稻土多由湖底沉积物发育而成, 耕作层深度 18 cm, 经历过百年水稻耕作, 耕作层土壤主要理化特性如下: 有机质 24.6 g/kg、全氮 1.42 g/kg、全磷 0.51 g/kg、全钾 11.3 g/kg、有效磷 21.9 mg/kg、速效钾 72.2 mg/kg。试验田前茬为小麦, 供试水稻品种为武运粳 23 号, 常规粳稻品种。

试验采用大田育苗移栽, 随机区组排列, 3 次重复, 小区面积为 120 m<sup>2</sup>, 每个小区单设进、排水口。2015 年 5 月 27 日播种、6 月 18 日移栽、10 月 27 日收获, 2016 年 5 月 30 日播种、6 月 20 日移栽、10 月 25 日收获。移栽采用日本气吹式插秧侧深施肥一体化机器 (PZ60HVRASLF), 田间种植密度为 30 cm × 14 cm。缓控释肥侧深施 (施肥点距根侧约 5 cm, 实际深度约 2 ~ 3 cm) 与插秧同步进行, 常规无机化肥撒施。

试验设置常规化肥分次施用, 缓控释肥梯度减量 (常规用量、减量 10%、减量 20% 和减量 30%) 共 5 个处理。各处理磷、钾用量均相同, 分别为 108 和 324 kg/hm<sup>2</sup>, 一次性基施。常规化肥分次施用处理氮肥为尿素, 磷肥为过磷酸钙, 钾肥为氯化钾, 采用的掺混控释肥由树脂复合肥、树脂二胺、树脂氯化钾和不同释放速率的树脂尿素依据水稻生长需肥规律按一定比例掺混而成。水分管理采用干湿交替灌溉方式, 病虫害防治按高产栽培要求进行控制, 具体肥料运筹见表 1。

表 1 肥料类型及运筹方案

处理	代码	氮素用量 (kg/hm <sup>2</sup> )	施用方式
无机化肥常规用量	CN	270	基: 蘖: 穗 = 4: 2: 4
掺混肥常规用量	RBB1	270	一次性深施
掺混肥减量 10%	RBB2	243	一次性深施
掺混肥减量 20%	RBB3	216	一次性深施
掺混肥减量 30%	RBB4	189	一次性深施

### 1.2 采样及测定方法

水稻产量: 于成熟期普查每小区 40 穴, 计算每穴的有效穗数; 根据每穴平均穗数, 取代表性样品 5 穴, 水选法考察穗粒结构, 并折算理论产量。

田面水采集与测定: 与无机化肥分次处理田块同步, 分别于基肥、追肥施用后 1 周时间内, 每天连续采集各田块田面水样, 采集后的混合水样过滤后用 SKALAR 流动分析仪测定水样的总氮、铵态氮和硝态氮质量浓度。

### 1.3 统计分析方法

需要说明的是, 不同于无机化肥肥效的集中释放, 掺混控释肥具有肥效缓慢释放的特征, 本试验中所采用的掺混控释肥是根据水稻高产养分需求曲线配比而成, 肥效释放与水稻生长需肥规律相吻合。因此, 本试验中仅按照无机化肥的施肥和取样频次对田面水样进行采集分析。

常规数据处理在 Excel 2007 中进行, 方差分析在 SPSS 16.0 中进行, 作图在 SigmaPlot 10.0 中进行。

## 2 结果与分析

### 2.1 田面水总氮浓度的动态变化

结果表明, CN 处理的各肥期田面水总氮浓度两年均显著高于 RBB 处理, 基肥期、蘖肥期和穗肥期峰值浓度分别达 121.47、42.26 和 73.40 mg/L (2015 年), 68.08、107.0 和 131.17 mg/L (2016 年) (图 1)。RBB 处理下, 田面水总氮浓度总体呈随用量减少而降低的趋势, 但不同肥期表现不一致。由于肥料的一次性施用, RBB 处理的基肥期和蘖肥期田面水总氮浓度明显高于穗肥期。

处理间比较来看, 不同减量处理的田面水总氮浓度在基肥期和蘖肥期差异明显, 但穗肥期无明显差异。RBB 不同用量处理的田面水总氮浓度在基肥期和蘖肥期整体表现为随 RBB 用量减少而降低的趋势, 但减量幅度相近处理的田面水氮素浓度未呈现一致性规律变化。此外, RBB1 处理在基肥期的峰值浓度出现时间 (1 ~ 2 d) 两年均早于 RBB 减量处理 (2 ~ 4 d), 而蘖肥期减量 30% 处理的田面水总氮浓度在 2015 年高于减量 20% 处理。

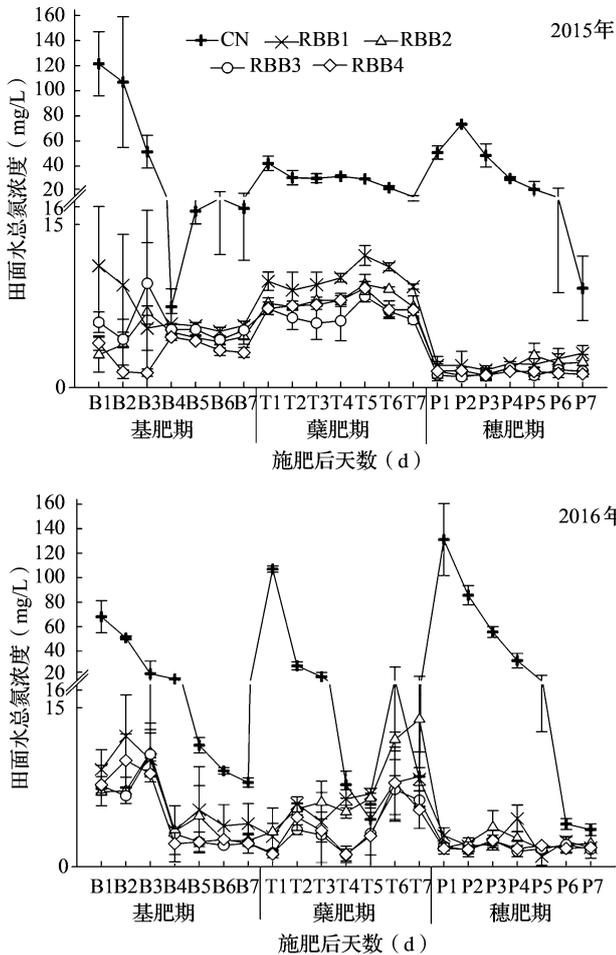


图1 不同处理的田面水总氮质量浓度变化

注: B1 ~ B7为基肥期第1 ~ 7 d; T1 ~ T7为药肥期第1 ~ 7 d; P1 ~ P7为穗肥期第1 ~ 7 d。下同。

### 2.2 田面水铵态氮浓度的动态变化

图2结果表明,无机化肥和掺混控释肥两种肥料类型下,田面水氮素均以铵态氮为主。田面水铵态氮浓度变化与总氮浓度变化一致,CN处理的各肥期田面水铵态氮浓度两年均显著高于RBB处理,基肥期、药肥期和穗肥期峰值浓度分别达120.11、41.16和73.31 mg/L(2015年),32.25、107.0和131.0 mg/L(2016年)。RBB处理下,田面水铵态氮浓度同样呈随用量减少而降低的趋势,基肥期和药肥期田面水铵态氮浓度也明显高于穗肥期。

与田面水总氮浓度相一致,不同减量处理的田面水铵态氮浓度在基肥期和药肥期差异明显,但穗肥期无明显差异。基肥期和药肥期处理间田面水铵态氮浓度同样表现为随RBB用量减少而降低的趋势,但减量幅度相近处理的田面水氮素浓度也未呈现一致性规律变化。此外,与总氮浓度一致,RBB1处理在基肥期的峰值浓度出现时间(1~2 d)两年均早于RBB

减量处理(2~4 d),而药肥期减量30%处理的田面水铵态氮浓度在2015年高于减量20%处理。

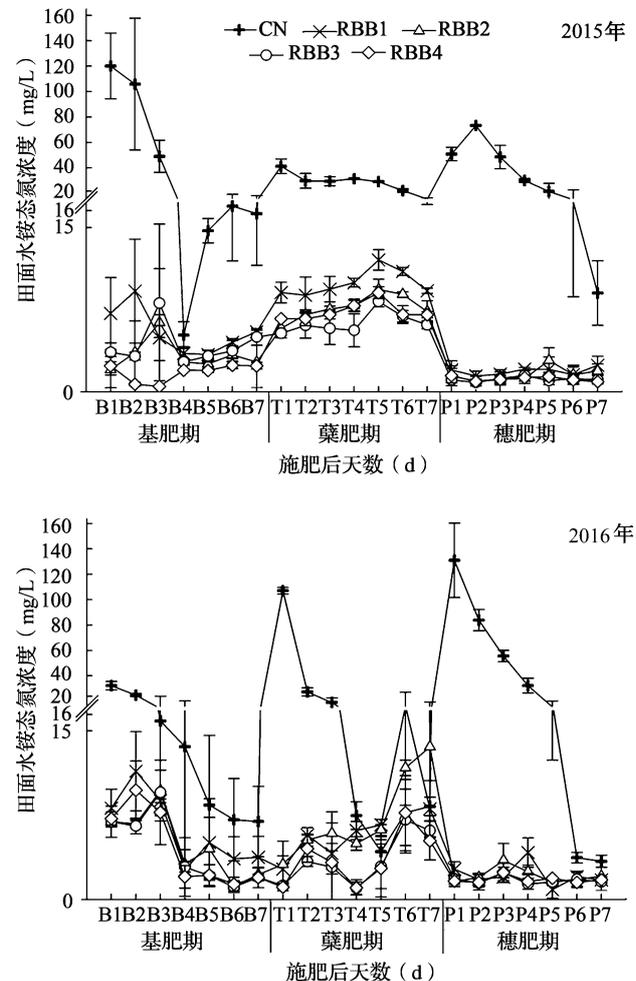


图2 不同处理的田面水铵态氮质量浓度变化

### 2.3 田面水硝态氮浓度的动态变化

田面水硝态氮浓度动态变化结果列于图3。结果可以看出,与田面水铵态氮浓度相比,田面水硝态氮浓度较低。两种肥料类型下,与RBB肥料相比,CN处理的田面水硝态氮浓度较高,但两年表现不尽一致。其中,2015年无机化肥处理的基肥期和药肥期田面水硝态氮浓度较高,穗肥期无显著差异;而2016年基肥期的峰值浓度和肥期氮素浓度均显著高于RBB处理,而药肥期和穗肥期除峰值浓度显著较高,其余时间与RBB处理间无显著差异。RBB一次性基施处理的田面水硝态氮浓度在基施后的第3或4 d(2015年第4 d,2016年第3 d)达到浓度峰值,此后迅速下降。由于浓度较低,RBB不同用量处理间差异不显著且未表现出一致性规律变化(2015年峰值浓度为1.91~2.07 mg/L,2016年峰值浓度为0.75~1.0 mg/L)。

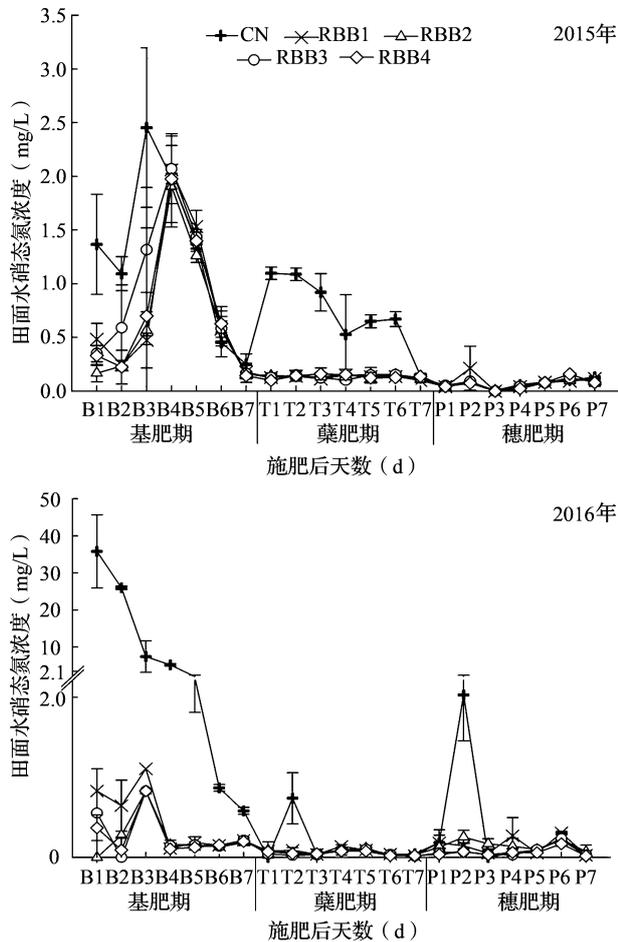


图3 不同处理的田面水硝态氮质量浓度变化

2.4 田面水氮素浓度均值

不同肥期田面水氮素浓度均值结果(表2)表明, RBB处理的3个肥期田面水氮素浓度均显著低于无机化肥分次施用CN处理。由于田面水氮素以铵态氮为主,因此总氮均值浓度降低幅度与铵态氮较一致。其中,基肥期、蘖肥期、穗肥期田面水总氮均值浓度两年降低幅度分别为87.19%~93.87%(2015年)和76.93%~83.48%(2016年)、69.74%~79.73%(2015年)和74.46%~87.52%(2016年)、94.43%~96.69%(2015)和95.52%~96.57%(2016年)。

不同用量RBB处理的田面水总氮和铵态氮浓度有明显差异,但硝态氮浓度处理间无明显差异。田面水总氮和铵态氮浓度结果表明,RBB不同减量处理间田面水氮素浓度基肥期和蘖肥期差异显著,但穗肥期差异不显著。基肥期和蘖肥期田面水氮素浓度比较来看,RBB常规用量RBB1处理的田面水氮素浓度明显高于其它处理,其中2015年蘖肥期,2016年的基肥期、蘖肥期差异显著。随着减量幅度增加,RBB处理下田面水总氮和铵态氮浓度总体呈降低趋势,但用量相近处理间并未呈现一致性变化。其中,2015年RBB减量20%处理RBB3的田面水氮素浓度在基肥期高于减量10%处理RBB2,而2016年减量30%处理RBB4的田面水氮素浓度在3个肥期均与减量20%处理RBB2无显著差异,且有增高的趋势。

表2 不同肥期田面水的氮素质量浓度均值

(mg/L)

年份	处理	总氮			铵态氮			硝态氮		
		基肥期	蘖肥期	穗肥期	基肥期	蘖肥期	穗肥期	基肥期	蘖肥期	穗肥期
2015	CN	47.14a	29.11a	35.37a	45.86a	28.38a	35.29a	1.28a	0.73a	0.07a
	RBB1	6.04b	8.81b	1.97b	4.73b	8.61b	1.63b	0.79b	0.13b	0.08a
	RBB2	4.05b	7.12c	1.62b	2.88b	6.67c	1.38b	0.70b	0.14b	0.07a
	RBB3	5.02b	5.90c	1.17b	3.68b	5.46c	0.99b	0.93ab	0.13b	0.07a
	RBB4	2.89b	6.71c	1.21b	1.58b	6.37c	1.02b	0.78b	0.13b	0.07a
2016	CN	26.09a	25.57a	46.70a	14.77a	25.44a	46.37a	11.11a	0.14a	0.34a
	RBB1	6.02b	6.51b	2.09b	5.53b	6.44b	1.95b	0.42b	0.06b	0.13b
	RBB2	4.75bc	6.53b	2.04b	4.38b	6.47b	1.90b	0.22b	0.06b	0.14b
	RBB3	4.31c	3.19c	1.60b	3.96b	3.14c	1.53b	0.26b	0.05b	0.07bc
	RBB4	4.47c	3.32c	1.63b	4.10b	3.27c	1.57b	0.24b	0.04b	0.06c

注:数据后不同字母表示处理间在0.05水平差异显著(LSD)。

2.5 不同处理对水稻产量的影响

图4结果表明,与CN处理相比,RBB减量处理不会造成水稻减产。除2015年RBB1处理的产量显著高于其它处理,2016年RBB3处理的产量显著高于CN处理,其它处理间水稻产量差异

不显著。不同处理间两年水稻产量分别表现为:RBB1>RBB2、RBB3、RBB4、CN,RBB3>RBB1、RBB2、RBB4>CN。结果说明,掺混控释肥RBB减量10%~30%不会影响水稻产量。

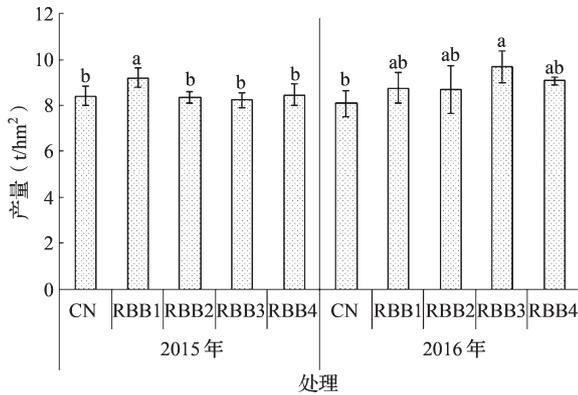


图 4 不同处理对水稻产量的影响

注：柱形图上方不同字母表示处理间在 0.05 水平差异显著 (LSD)。

### 3 讨论

新型掺混控释肥被认为是提高水稻产量、减少养分损失和节省劳动力投入较好的替代肥料<sup>[18-20]</sup>。但目前的掺混控释肥的研究，其用量主要参照常规尿素用量进行确定，减少 RBB 用量能否在保证水稻产量的基础上进一步降低面源污染发生风险仍不明确。本研究结果表明，与 CN 处理 (270 kg/hm<sup>2</sup>) 相比，RBB 减量 10% ~ 30% 不会影响水稻产量 (图 4)。这说明，由于肥效的缓慢释放，降低配方肥用量仍然能够满足水稻生长的需要，其用量参照常规尿素存在肥料冗余现象。

本研究结果表明，无机化肥和掺混控释肥两种肥料类型下，田面水氮素均以铵态氮为主，田面水铵态氮浓度变化与总氮一致 (表 2)，这与以往研究结果相同<sup>[21]</sup>。而田面水硝态氮浓度较低，除 CN 处理较高，处理间差异不显著，且不同处理间 3 个肥期的硝态氮浓度动态变化较一致，这可能与稻田水分状况和硝化作用强度有关<sup>[22]</sup>。此外，两种肥料类型对比来看，无机化肥施用后田面水氮素浓度在施肥后 1 ~ 2 d 即达到峰值浓度，此后逐渐下降；而 RBB 对氮素释放的控制效果较好，3 个肥期的田面水氮素峰值浓度均较低，且显著低于 CN 处理，这与本地区其它研究结果相同<sup>[21-22]</sup>。

有研究指出，施肥后 7 d 是稻田氮素流失的关键时期，而田面水铵态氮浓度与稻田氨挥发通量呈极显著相关关系<sup>[23]</sup>。笔者等<sup>[21]</sup>前期研究发现，相同氮素用量下，RBB 较无机化肥能够降低田面水氮素浓度，减少氮素损失风险。而 RBB 具有肥效缓慢释放的特性，其用量的减少是否能够进一步降低面源污染发生风险仍不明确。本研究结果表明，

RBB 肥料减量能够降低前期 (基肥期和蘖肥期) 田面水总氮和铵态氮浓度，总体呈随用量减少而降低的趋势，但减量幅度相近处理的田面水氮素浓度未呈现一致性规律变化 (图 1)。其中，2015 年减量 20% 处理的田面水氮素浓度在基肥期高于减量 10% 处理，而 2016 年减量 30% 处理的田面水氮素浓度在 3 个肥期均与减量 20% 处理无显著差异。这可能与掺混肥料不同释放速率的肥料成分在施用时的实际占比有关。本研究采用的掺混控释肥由树脂包衣复合肥、树脂包衣二铵、树脂包衣氯化钾、2 个月树脂包衣尿素、3 个月树脂包衣尿素等按不同比例混配而成<sup>[24]</sup>。由于不同控释肥料的密度存在一定差异，在实际施用时可能由于密度差异造成实际施用的掺混肥料配比与设计配比存在一定误差。这也可能是 RBB 不同减量处理峰值浓度出现时间不一致的原因。

### 4 结论

RBB 施用减少了太湖地区稻田肥期氮素流失风险，RBB 肥料用量为 189 ~ 216 kg/hm<sup>2</sup> 能够在保证水稻产量的前提下降低前期田面水氮素浓度，减少氮素流失风险。

### 参考文献：

- [1] 陶春, 高明, 徐畅, 等. 农业面源污染影响因子及控制技术的研究现状与展望 [J]. 土壤, 2010, 42 (3): 336-343.
- [2] 杨林章, 施卫明, 薛利红, 等. 农村面源污染治理的“4R”理论与工程实践——总体思路与“4R”治理技术 [J]. 农业环境科学学报, 2013, 32 (1): 1-8.
- [3] 杨林章, 吴永红. 农业面源污染防治与水环境保护 [J]. 中国科学院院刊, 2018, (2): 168-176.
- [4] 薛利红, 杨林章, 施卫明, 等. 农村面源污染治理的“4R”理论与工程实践——源头减量技术 [J]. 农业环境科学学报, 2013, 32: 881-888.
- [5] 王海, 席运官, 陈瑞冰, 等. 太湖地区肥料、农药过量施用调查研究 [J]. 农业资源与环境学报, 2009, 26 (3): 10-15.
- [6] Tian Y H, Yin B, Yang L Z, et al. Nitrogen runoff and leaching losses during rice-wheat rotations in Taihu Lake Region, China [J]. Pedosphere (土壤圈英文版), 2007, 17 (4): 445-456.
- [7] 朱兆良. 农田中氮肥的损失与对策 [J]. 生态环境学报, 2000, 9 (1): 1-6.
- [8] 薛利红, 俞映惊, 杨林章. 太湖流域稻田不同氮肥管理模式下的氮素平衡特征及环境效应评价 [J]. 环境科学, 2011, 32 (4): 1133-1138.
- [9] Shang Q, Gao C, Yang X, et al. Ammonia volatilization in Chinese double rice-cropping systems: a 3-year field measurement in long-term fertilizer experiments [J]. Biology &

- Fertility of Soils, 2014, 50 (5): 715-725.
- [10] Friesenecker B, Tsai A G, Alkgra C, et al. Coupled water and nitrogen (N) management as a key strategy for the mitigation of gaseous N losses in the Huang-Huai-Hai Plain [J]. *Biology & Fertility of Soils*, 2015, 51 (3): 333-342.
- [11] 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.
- [12] Davidson D, Gu F X. Materials for sustained and controlled release of nutrients and molecules to support plant growth [J]. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2012, 60 (4): 870-876.
- [13] Azeem B, KuShaari K Z, Man Z B, et al. Review on materials & methods to produce controlled release coated urea fertilizer [J]. *Journal of Controlled Release*, 2014, 181: 11-21.
- [14] Ni B, Liu M, Lü S, et al. Environmentally friendly slow-release nitrogen fertilizer [J]. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2011, 59 (18): 10169-10175.
- [15] 彭玉, 马均, 蒋明金, 等. 缓/控释肥对杂交水稻根系形态、生理特性和产量的影响 [J]. *植物营养与肥料学报*, 2013, 19 (5): 1048-1057.
- [16] Shaviv A, Mikkelsen R L. Controlled-release fertilizers to increase efficiency of nutrient use and minimize environmental degradation-A review [J]. *Fertilizer Research*, 1993, 35 (1-2): 1-12.
- [17] Yang Y, Zhang M, Li Y, et al. Controlled release urea improved nitrogen use efficiency, activities of leaf enzymes, and rice yield [J]. *Soil Science Society of America Journal*, 2012, 76 (6): 2307-2317.
- [18] 侯朋福, 薛利祥, 俞映惊, 等. 缓控释肥侧深施对稻田氨挥发排放的控制效果 [J]. *环境科学*, 2017, 38 (12): 5326-5332.
- [19] Miao X, Xing X, Ding Y, et al. Yield and nitrogen uptake of bowl-seedling machine-transplanted rice with slow-release nitrogen fertilizer [J]. *Agronomy Journal*, 2015, 108 (1): 1-8.
- [20] 邢晓鸣, 李小春, 丁艳锋, 等. 缓控释肥组配对机插常规粳稻群体物质生产和产量的影响 [J]. *中国农业科学*, 2015, 48 (24): 4892-4902.
- [21] 侯朋福, 薛利祥, 范立慧, 等. 氮肥类型及施用方式对节水抗旱稻田面水氮动态及产量的影响 [J]. *中国稻米*, 2016, (3): 43-48.
- [22] 叶玉适, 梁新强, 金熠, 等. 节水灌溉与控释肥施用对稻田田面水氮素变化及径流流失的影响 [J]. *水土保持学报*, 2014, 28 (5): 105-112.
- [23] 俞映惊, 薛利红, 杨林章. 太湖地区稻田不同氮肥管理模式下氨挥发特征研究 [J]. *农业环境科学学报*, 2013, 32 (8): 1682-1689.
- [24] 李刚华, 缪学宽, 丁艳锋, 等. 一种用于水稻机插的缓释复混肥: CN 103922853 B [P]. 2016.

**The effect of side deep fertilization for resin blending controlled-release fertilizer on nitrogen concentration in surface water of paddy field**

HOU Peng-fu<sup>1</sup>, XUE Li-xiang<sup>1</sup>, ZHOU Yu-ling<sup>2</sup>, LI Gang-hua<sup>2</sup>, YANG Lin-zhang<sup>1</sup>, XUE Li-hong<sup>1\*</sup> (1. Key Lab of Agro-environment in Downstream of Yangtze Plain, Ministry of Agriculture and Rural Affairs, Institute of Agricultural Resources and Environment, Jiangsu Academy of Agricultural Sciences, Nanjing Jiangsu 210014; 2. College of Agronomy, Nanjing Agricultural University, Nanjing Jiangsu 210095)

**Abstract:** In order to make sure the control effect of side deep fertilization for resin blending controlled-release fertilizer (RBB) on nitrogen loss in paddy fields, a field experiment with Wuyunjing-23 rice was carried out to study the effect of reduced application of RBB on nitrogen concentration of surface water and rice yield in Taihu area. Five treatments, namely, conventional split fertilization (CN), RBB with conventional application rate (RBB1), reduction by 10% (RBB2), reduction by 20% (RBB3), and reduction by 30% (RBB4), were set up. The results showed that RBB reductions of 10% to 30% did not result in the reduction of rice yields when compared with CN treatment (270 kg/hm<sup>2</sup>). The nitrogen in surface water was mainly ammonium nitrogen. And the nitrogen concentration of surface water reached the peak concentration on the first or second day, and then decreased after inorganic fertilizer application. The control effect of RBB on nitrogen release was better. The peak concentration of nitrogen in surface water in the three fertilizer periods was low, which was significantly lower than that of CN treatment. As the nitrogen in surface water was mainly ammonium nitrogen, the reduction of total nitrogen concentration was more consistent with ammonium nitrogen. And the mean of total nitrogen concentration at the basal, tillering, and jointing stages was reduced by 87.19% ~ 93.87% (2015) and 76.93% ~ 83.48% (2016), 69.74% ~ 79.73% (2015) and 74.46% ~ 87.52% (2016), 94.43% ~ 96.69% (2015) and 95.52% ~ 96.57% (2016). RBB reduction treatments reduced the total nitrogen and ammonium nitrogen concentration in the early stage (basal and tillering stage), and showed a decrease trend with the application amount decreased. However, there was not a uniform regularity of nitrogen concentration in surface water between RBB reduction of 10% and 20% in 2015, 20% and 30% in 2016. The results indicated that the application of RBB reduced the nitrogen loss risk in the paddy field in Taihu area. And RBB rate with 189 ~ 216 kg/hm<sup>2</sup> reduced the nitrogen concentration of surface water and nitrogen loss risk on the premise of ensuring rice yield.

**Key words:** rice; resin blending controlled-release fertilizer; reduced application; yield; nitrogen concentration of surface water