

引黄灌区不同肥料类型和施肥技术对稻田氮磷流失的影响

刘汝亮¹, 王芳¹, 张爱平², 李友宏¹, 陈晨¹, 洪瑜¹, 杨正礼²

(1. 宁夏农林科学院 农业资源与环境研究所, 银川 750002; 2. 中国农业科学院 农业环境与可持续发展研究所 农业部农业环境重点实验室 农业清洁流域创新团队, 北京 100081)

摘要:为减少引黄灌区稻田退水导致的农业面源污染,寻找水稻稳产和环境友好的最佳结合点,研究了大田示范条件下不同肥料类型和施肥技术对稻田田面水和排水沟退水氮磷变化特征的影响。结果表明,与常规施肥处理比较,优化施肥和侧条施肥均可以显著降低稻田田面水和排水沟中TN质量浓度,其中以侧条施肥处理效果最好,田面水和排水沟中TN质量浓度仅为常规施肥的47.4%和34.3%,各施肥处理间田面水和排水沟中TP质量浓度变化差异不显著。优化施肥和侧条施肥处理在肥料减量的条件下水稻产量并没有降低,其中有机种植处理产量最低,相对产量仅为常规处理的73.5%。综合考虑水稻产量和环境因素,优化施肥和侧条施肥技术可以作为环境友好型施肥技术在引黄灌区进行推广。

关键词:引黄灌区; 优化施肥; 侧条施肥; 氮磷流失

中图分类号:S216.2; S19

文献标志码:A

doi:10.13522/j.cnki.ggps.2017.09.009

刘汝亮,王芳,张爱平,等. 引黄灌区不同肥料类型和施肥技术对稻田氮磷流失的影响[J]. 灌溉排水学报,2017,36(9):46-49.

0 引言

宁夏引黄灌区位于我国西北内陆干旱半干旱地区,灌区南北长320 km,东西宽40 km,地貌类型为黄河冲积平原,灌区农田沟渠纵横交错,以引黄自流灌溉为主^[1]。灌区水田退水主要以明排、侧渗为主,旱地退水则以侧渗和垂直渗漏为主,所有退水最后经灌区各级沟渠排入黄河^[2]。当地农业用水90%以上引自黄河,宁夏年均引水量70亿m³,排引水比例在54%左右,通过排水沟和渗漏退回到黄河中的水量约为40亿m³。

引黄灌区依靠黄河自流灌溉,水质良好,既可灌溉又可地肥田,非常适合水稻生长,“天下黄河富宁夏”,自古以来水稻就是引黄灌区的标志性作物。随着农业集约化生产程度的提高,宁夏引黄灌区单季水稻氮肥用量高达270~360 kg/hm²,超过全国平均水平1.5~2.0倍^[3],该区水稻种植中氮素流失严重,氮肥利用率不到30%,低于全国平均水平^[4]。淋失是该区稻田氮素损失的主要途径,所施氮肥的20%~65%通过农田退水流入黄河,因此探索在保证水稻产量前提下提高氮素利用率是实现该区农业可持续发展的现实需求^[5]。围绕如何提高灌区稻田氮素利用率,相关学者研究大多集中在田块尺度的单项施肥技术和优化水肥管理上^[6],通过一定规模的集成示范研究优化施肥技术对整条排水沟尺度的养分流失鲜见报道,为减少黄河上游灌区的农业面源污染,从源头减少化肥的施用量,寻求兼顾水稻产量和环境友好最佳结合点,兹研究不同施肥技术大田示范条件下稻田田面水和排水沟中氮磷变化特征及水稻产量,为引黄灌区水稻清洁生产提供一定技术支持。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验地位于宁夏引黄灌区精华区的青铜峡市叶盛镇宁夏正鑫源农业发展集团种植基地(106°11'57" E,

收稿日期:2016-05-20

基金项目:宁夏农林科学院科技创新先导资金项目(NKYJ-15-05);水体污染控制与治理重大专项(2014ZX07201-009);宁夏科技支撑计划项目;宁夏环保科技项目;宁夏农业综合开发办公室项目

作者简介:刘汝亮(1982-),男,副研究员,博士,主要从事施肥和农业环境保护研究。E-mail: ruliang_liu@126.com

通信作者:王芳(1968-),女,研究员。主要从事施肥与环境调控研究。E-mail: Berrywang@vip.sina.com

38°07'32" N, 海拔 1 100 m), 距黄河直线距离 2.0 km, 该区属典型的大陆性干旱气候, 多年平均降水量 174 mm, 蒸发量 1 800 mm, 平均温度 8.9 °C, 全年无霜期 165 d, 平均积温 3 900 °C。主要种植方式是水旱轮作, 水稻收获后种植作物为春玉米, 作物 1 年 1 熟。水稻一般每年 5 月中旬移栽, 9 月底收获, 生育期 150 d 左右。供试土壤类型为灌淤土, 耕层 (20 cm) 土壤体积质量为 1.49 g/cm³, 有机质质量分数为 11.47 g/kg, 全氮质量分数为 1.08 g/kg, 速效氮质量分数为 69.30 mg/kg, 速效磷质量分数为 20.84 mg/kg, 速效钾质量分数为 165.87 mg/kg, 土壤肥力中等偏上。试验区为典型的引黄灌区沟渠系统, 水田灌溉后退水依次进入农沟、斗沟、支沟, 最后汇入干沟并排入黄河^[7]。

1.2 试验设计

试验于 2015 年 4—10 月进行, 供试水稻品种为宁粳 43 号, 于 4 月 20 日育秧, 5 月 26 日移栽, 9 月 28 日收获, 水稻插秧株行距为 10 cm×30 cm, 插秧时每穴 3~5 株。试验共设计 4 种不同施肥模式, 以常规施肥处理为对照, 其他环境友好型施肥模式作为对比, 即①常规施肥 (FP, 氮肥的 50% 作为基肥, 25% 作为返青肥, 25% 作为分蘖肥, 磷钾肥做基肥一次施入); ②优化施肥 (DP, 施氮量为常规施肥量的 80%, 基肥、分蘖肥和穗肥各占 1/3, 磷钾肥做基肥一次施入); ③侧条施肥 (SP, 施氮量为常规的 60%, 用控释氮肥, 利用水稻侧条施肥机器将氮磷钾肥基肥一次施肥); ④有机种植 (OP, 施用有机肥 12 000 kg/hm²)。常规氮肥施用量为 300 kg/hm², 优化施肥氮用量为 240 kg/hm², 侧条氮肥施用量为 180 kg/hm², P₂O₅ 和 K₂O 用量均为 90 kg/hm², 有机种植模式所用有机肥为吴忠市绿色能源开发有限公司生产的“渔谷丰”牌生态有机肥, 有机质质量分数≥30%, 总养分 (N+P₂O₅+K₂O) 质量分数≥4%, 有机肥的 80% 作为基肥在整地时施入, 20% 在分蘖期作为追肥施入。

各处理采用田间试验和大面积示范区域监测相结合的方法, 每条农沟二侧均为同一个处理, 保证农沟退水来自同一个施肥处理, 各处理示范面积约为 7.0 hm²。

1.3 样品采集和数据分析

示范区内的农沟无侧面外来水, 接收的水都是相同施肥处理的稻田侧渗退水, 选取农沟退水进入支沟前的排水口进行定点取样。水稻收获时每个处理的重复地块内随机选取 3 个样方 (3 m²) 收割测产。水样总氮用过硫酸钾氧化-紫外分光光度法测定, 总磷用过硫酸钾氧化-钼蓝比色法测定^[8]。

数据处理采用 EXCEL 和 SAS(8.0) 软件, 方差分析用 LSD 检验。

2 结果与分析

2.1 不同施肥技术对稻田田面水总氮和总磷的影响

水稻生育期间不同施肥技术田面水中 TN 和 TP 质量浓度变化特征如图 1 所示。由图 1 可知, 田面水中的 TN 质量浓度在第二次采样时达到最大值, 第二次采样时间在追肥之后, 而追肥方式为田面撒施, 导致田面水中 TN 质量浓度较高, 容易造成径流损失。之后田面水中的 TN 质量浓度逐渐降低, 8 月 18 日田面水质量浓度出现波动原因是水稻孕穗期有一次晒田影响了土壤的氮素矿化, 复水后导致田面水中 TN 质量浓度出现波动^[9]。各施肥技术处理间比较, 田面水中 TN 质量浓度峰值变化范围在 12.54~26.45 mg/L 之间, 常规施肥处理最高, 其次为有优化施肥处理, 侧条施肥处理最低。侧条施肥处理田面水中 TN 质量浓度仅为常规施肥处理的 47.4%, 侧条施肥处理控释氮肥用量低且释放速率较慢, 降低了氮素随地表径流进入排水沟的风险。

各施肥处理田面水中 TP 质量浓度随着水稻生育期逐渐降低, 各施肥处理间比较, 水稻拔节期之前田面水中 TP 质量浓度以常规施肥处理最高, 达到 0.49 mg/L, 侧条施肥处理田面水中 TP 质量浓度为 0.22 mg/L, 仅为常规施肥的 44.3%, 整个水稻生育期远低于其他施肥处理, 原因可能是因为侧条施肥技术氮肥作为基肥一次施入, 减少了水稻生育期内 2 次追肥, 生育期内对土壤没有人为扰动, 从而减少了磷素向土体中的释放, 进而降低了田面水中的 TP 质量浓度。6 月 30 日以后, 有机种植处理 TP 质量浓度最高, 原因是有机肥前期释放和分解速度较慢, 释放的磷素容易被土壤吸附固定, 有机水稻种植采用人工除草, 人为对土壤的扰动增加了土壤中磷素向田面水中的释放。由于稻田土壤对氮素的吸附能力较弱, 释放的氮肥多被水稻吸收或通过其他途径损失, OP 处理田面水中的氮素没有表现出和磷素一样的变化规律。

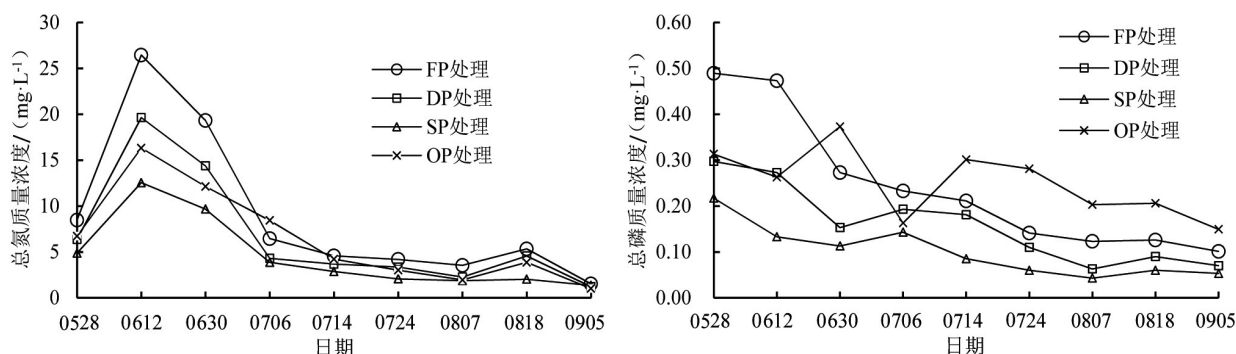


图1 田面水总氮、总磷变化动态

2.2 不同施肥技术对排水沟退水总氮和总磷的影响

水稻生育期间排水沟中各施肥处理TN和TP质量浓度变化特征如图2所示。农田退水进入排水沟时，由于稻田的自净作用、水生植物的吸收、微生物的分解等多种作用可使其中所含的氮、磷发生变化，起到降低污染物质量浓度的作用，导致排水沟中TN和TP质量浓度显著低于田面水，与已有研究结论^[10]基本相符。水稻生育前期由于基肥用量过高和稻田排水导致排水沟中TN质量浓度较高，除侧条施肥处理外，其余各处理都处于《地表水环境质量标准》(GB 3838—2002) V类水平(以TN计)。侧条施肥处理排水沟中TN质量浓度峰值仅有常规施肥的34.3%，可见控释氮肥减量施用对减少农田氮素流失有较好作用。有机种植模式由于有机肥施用量较大且前期人工除草对农田干扰较多，排水沟退水TN质量浓度个别时期超过常规施肥处理。

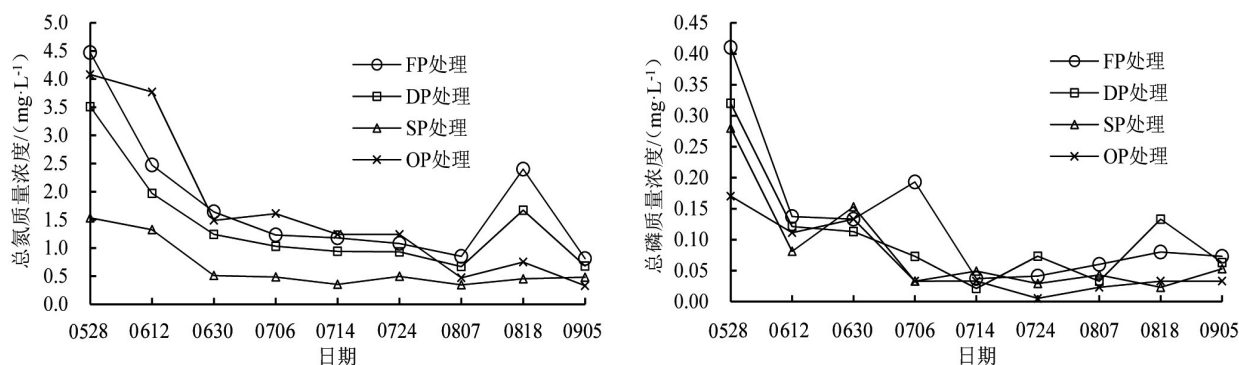


图2 排水沟退水总氮、总磷变化动态

不同施肥处理排水沟退水TP质量浓度变化没有形成明显差异，这可能是因为磷肥基本上采用一次性基施，由于土壤对磷肥的吸附和固定作用，磷素通过侧渗进入排水沟的数量较少。影响稻田氮磷养分损失除考虑减少养分淋洗和退水外，还应该从源头考虑提高氮肥利用效率才是减少养分损失的根本，前期研究结果表明，优化施氮(DP处理)跟常规施肥比较，氮肥利用率达到42.5%，提高了8.8%^[11]；侧条施肥技术(SP处理)氮素回收率可达到54.9%，比常规施肥处理提高18.0%^[8]。

表1 不同施肥技术对水稻产量的影响

处理	产量/(kg·hm ²)			平均产量/(kg·hm ²)	相对产量/%
	I	II	III		
常规施肥	9 285	9 637	9 981	9 634 a	100
优化施肥	9 159	10 052	10 265	9 825 a	102
侧条施肥	9 542	9 442	9 759	9 542 a	99.1
有机种植	6 154	7 860	7 216	7 077 b	73.5

2.3 不同施肥技术对水稻产量的影响

从表1可以看出，不同施肥技术间比较以优化施肥的水稻产量最高，常规施肥处理次之，其次为侧条施肥处理，产量最低的为有机种植模式。经方差分析LSD检验比较得出，各处理间除有机种植水稻产量显著降低外，其他处理间都未达到显著性水平，在减少肥料投入量的情况下，并未对水稻产量造成显著的减产。以常规施肥处理相对产量为100%，优化施肥和侧条施肥处理的相对产量分别为102%和99.1%，有机种植处

理仅为73.5%,相对减产26.5%。可见,通过优化施肥处理改变基追比例减氮20%,侧条施肥处理采用控释氮肥减氮40%的条件下,降低氮肥用量并未对水稻造成减产,可以作为一种环境友好型的施肥技术进行推广。

3 结 论

1)与常规施肥处理比较,减量施用氮肥和有机种植可以显著降低稻田田面水和排水沟退水中TN质量浓度,但对TP质量浓度的影响略有不同。各施肥处理间比较,以基于控释氮肥的侧条施肥技术减排效果最好,田面水中TN和TP质量浓度为常规施肥处理的47.4%和44.3%,排水沟中TN质量浓度仅为常规施肥的34.3%,且水稻生育期间一直低于常规施肥。

2)常规施肥、优化施肥和侧条施肥处理间水稻产量差异不明显,有机种植模式水稻产量显著降低,相对产量仅有常规施肥的73.5%。在宁夏引黄灌区,优化施肥和侧条施肥在保证水稻产量不降低条件下,减少了氮肥用量,减轻了过量施肥对退水环境造成的威胁,可以作为环境友好型施肥技术进行推广。

参考文献:

- [1] 汪丽婷,马友华,储茵,等. 巢湖流域不同施肥措施下稻田氮磷流失特征与产量研究[J]. 水土保持学报,2011,25(10):40-44.
- [2] 张爱平,刘汝亮,高霁,等. 生物炭对灌淤土氮素流失及水稻产量的影响[J]. 农业环境科学学报,2014,33(12):2 395-2 403.
- [3] 刘汝亮,李友宏,张爱平,等. 育秧箱全量施肥对水稻产量和氮素流失的影响[J]. 应用生态学报,2012,23(7):1 853-1 860.
- [4] 张爱平,杨世琦,易军,等. 宁夏引黄灌区水体污染现状及污染源解析[J]. 中国生态农业学报,2010,18(6):1 295-1 301.
- [5] 张亚捷,牛海山,汪诗平,等. 不同灌溉方法对宁夏葡萄酒土壤二氧化碳和甲烷排放的影响[J]. 灌溉排水学报,2016,35(1):17-21.
- [6] Anonym. Fertilized to death [J]. Nature,2003,425(6 961):894-895.
- [7] 陈伟伟,李强坤,胡亚伟,等. 青铜峡灌区水稻田三氮变化特征试验研究[J]. 农业环境科学学报,2010,29(4):790-794.
- [8] 张爱平,刘汝亮,杨世琦,等. 基于缓释肥的侧条施肥技术对水稻产量和氮素流失的影响[J]. 农业环境科学学报,2012,31(3):555-562.
- [9] 刘汝亮,张爱平,李友宏,等. 长期配施有机肥对宁夏引黄灌区水稻产量、氮素利用率和氮素淋失的影响[J]. 农业环境科学学报,2015,34(5):947-954.
- [10] 李强坤,胡亚伟,孙娟. 农业非点源污染物在排水沟渠中的迁移转化研究[J]. 中国农业生态学报,2010,18(1):210-214.
- [11] 刘汝亮,李友宏,张爱平,等. 氮肥后移对引黄灌区水稻产量和氮素淋溶损失的影响[J]. 水土保持学报,2012,26(2):16-20.

Types of Fertilizers and Their Application Affect the Leaching of Nitrogen and Phosphorus in Paddy Fields in Irrigation Districts of Yellow River

LIU Ruliang¹, WANG Fang¹, ZHANG Aiping², LI Youhong¹, CHEN Chen¹, HONG Yu¹, YANG Zhengli²

(1. Institute of Agricultural Resources and Environment, Ningxia Academy of Agro-forestry Science, Yinchuan 750002, China;

2. Agricultural Clean Watershed Innovation Team, Key Laboratory of Agriculture Environment and Climate Change, Ministry of Agriculture, China Institute of Environment and Sustainable Development in Agriculture, China Academy of Agricultural Science, Beijing 100081, China)

Abstract: Experiments were conducted in this paper aimed to reduce the leaching of contaminants from the paddy fields in Yellow River Irrigation Districts under different fertilizations after the water receded. The results showed that compared with conventional fertilization, optimized fertilization and fertigation on “side-strip” could significantly reduce TN concentrations in the surface and receding water. Under the side-strip fertilization, the TN concentrations in the surface and the receding water were only 47.4% and 34.3% of those under conventional fertilization. There was no significant difference in TP concentration in the surface water and receding water between all treatments. The optimized fertilization and side-strip fertilization did not considerably reduce the rice yield after reducing the fertilizer application. Organic farming reduced the yield by 26.5% compared with the conventional treatment. Considering yield and impact on environment, the optimized fertilization and side-strip fertilization are environmental friendly in the Yellow River Irrigation areas.

Key words: Yellow River irrigation area; optimization fertilization; side-strip fertilization technology; nitrogen and phosphorus loss

责任编辑:刘春成