

再生水滴灌夏玉米配施不同氮肥对 CO₂ 和 N₂O 排放的影响*

高大伟 任树梅 杨培岭 商放泽 马宁 石建国

(中国农业大学水利与土木工程学院, 北京 100083)

摘要: 夏玉米种植期间, 设置淡水和再生水 2 种滴灌灌水水质, 无肥、尿素、硫酸铵和缓释肥 4 种施肥处理。研究不同水质、不同氮肥对农田土壤 CO₂、N₂O 排放和夏玉米产量的影响。结果表明: 与淡水灌溉相比, 再生水灌溉土壤 CO₂ 日平均排放通量平均降低 12.44%, N₂O 日平均排放通量平均增加 17.31%, 但灌水水质对 CO₂、N₂O 日平均排放通量没有显著影响 ($p > 0.05$); 与不施肥处理相比, 尿素、硫酸铵和缓释肥处理 CO₂ 日平均排放通量分别平均增加 18.67%、10.20% 和 2.76%, N₂O 日平均排放通量分别平均增加 117.73%、220.21% 和 108.70%, 施肥种类对 CO₂ 日平均排放通量没有显著性影响 ($p > 0.05$), 但对 N₂O 日平均排放通量影响显著 ($p < 0.05$); 与国家夏玉米生产试验产量相比, 各施肥处理产量平均增加 19.83%, 而不施肥处理平均降低 0.83%, 但不同水质、施肥处理对产量没有显著影响 ($p > 0.05$)。

关键词: 再生水 施肥 滴灌 CO₂ N₂O 产量

中图分类号: S27 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-1298(2014)S0-0168-07

引言

目前, 北京市缺水问题日益严重^[1], 农业灌溉用水在北京市用水结构中占有较大比例, 同样面临着极为严峻的缺水问题, 使用再生水灌溉已经成为缓解农业灌溉用水压力的重要措施。经过长年研究, 经过二级处理的再生水完全可以达到农业灌溉标准^[2]。通过节约农业用水这一用水大项可以有效缓解缺水问题。玉米作为北京地区的主要粮食作物, 同时随着玉米滴灌技术^[3]在西北、内蒙、东北等地区逐渐得到普及, 为缓解农业灌溉用水提供了新思路, 这一灌溉模式值得推广。

Smith 等^[4]研究表明, 农田土壤是温室气体重要的排放源, 农业减排具有重大潜力。面对温室气体引起的环境问题日益突出这一问题, 减少农业生产过程中温室气体的排放有助于缓解温室效应。为保证作物稳产、增产, 在农业生产过程中普遍使用氮肥, Liu 等^[5]指出, 氮肥在生产、运输、用于农业生产的过程中直接或间接造成了温室气体排放的增多。Hu 等^[6]通过常规施肥、有机肥、缓释肥等进行田间试验研究温室气体排放, 发现不同氮肥对温室气体有着不同影响。同时, 施用氮肥对农田土壤温室气体排放的相关研究, 主要集中在淡水漫灌的灌溉模

式。随着农业再生水灌溉的普及, 通过再生水灌溉可能会改变土壤呼吸作用^[7]、硝化作用及反硝化作用^[8]等, 引起农田土壤温室气体排放的增加或降低, 这一问题值得进一步探究。Kallenbach 等^[9]初步研究地下滴灌对温室气体排放的影响发现, 滴灌并没有增加 CO₂、N₂O 的排放, 关于滴灌对温室气体排放影响的研究还比较少。本文通过再生水配施不同种类氮肥的滴灌试验, 对农田温室气体排放规律进行研究, 可在保证作物稳产、增产的前提下, 为寻求减少农田温室气体排放的最优水肥一体化及灌溉模式提供参考。

1 材料与方 法

1.1 试验区概况

田间试验在北京市中国农业大学通州区农业节水试验站进行。试验区地处东经 116°41'02", 北纬 39°42'07", 位于永定河和潮白河冲击平原, 地势平坦, 多年平均降水量 550 ~ 600 mm, 多年平均日照时数为 2 459 h。年平均气温在 11.4 ~ 12.4℃, 无霜期为 185 d, 适合玉米等粮食作物的生长。该试验区土壤表层 100 cm 为粘壤土。试验区多年未种植任何作物。

试验区土壤理化性质见表 1。

收稿日期: 2014-06-29 修回日期: 2014-08-22

* 国家自然科学基金资助项目(51279204)

作者简介: 高大伟, 硕士生, 主要从事再生水灌溉下农田土壤温室气体排放研究, E-mail: gaodawei@126.com

通讯作者: 任树梅, 教授, 主要从事水资源与水环境研究, E-mail: renshumei@126.com

表 1 试验土壤基础物理性状
Tab. 1 Physical properties of experimental soil

土层 深度/cm	不同粒径颗粒质量分数/%			土壤质地	容积密度/ (g·cm ⁻³)	田间持水率/ %	饱和导水率/ (cm·s ⁻¹)	孔隙度
	0 ~	0.005 ~	0.05 ~					
	0.005 mm	0.05 mm	1 mm					
0 ~ 20	17.8	31	51.2	粘壤土	1.45	21.23	27.80	0.417 6
20 ~ 40	25.8	33	41.2	粘土	1.64	18.21	24.89	0.414 7
40 ~ 70	22.8	28	49.2	粘土	1.57	20.10	28.64	0.449 9
70 ~ 100	12.83	22.05	65.12	壤土	1.58	15.75	28.81	0.454 8

1.2 试验设计

试验采用 2 种水质进行滴灌灌溉,即再生水和淡水,分别做无肥、尿素、硫酸铵以及缓释肥 4 种施肥处理,采用全因素法设计试验共计 8 个处理。2013 年 6 月 26 日人工播种夏玉米,2013 年 10 月 7 日收获,行距 60 cm,株距 30 cm,生育期为 103 d。施肥量为华北平原地区有代表性的施肥量。

2013 年 6 月 26 日施底肥,各处理磷、钾肥施用量分别为 P₂O₅ 105 kg/hm² 和 K₂O 105 kg/hm²,全部作底肥施入,夏玉米生育期施氮量为 300 kg/hm²,其中尿素处理和硫酸铵处理分底肥(100 kg N/hm²)和追肥(200 kg N/hm²)2 次施用,分别在 2013 年 8 月 8 日和 9 月 8 日 2 次追肥,每次 100 kg N/hm²;缓释肥氮素质量比为 46%,氮素释放期为 2 个月的涂层尿素,全部作为基肥一次性施入土壤。试验小区面积为 5 m×10 m,每个处理 3 个重复,共 24 个小区,试验小区之间设置 1 m 隔离带,各小区随机排列。试验用再生水为北京市碧水污水处理厂生产的二级再生水,淡水为在试验站抽取的地下水,由于夏玉米生长期雨水充足,因此共灌水 3 次,灌水水质如表 2 所示。滴灌处理之间除灌水水质及施肥种类不同外,田间管理措施均保持一致。

表 2 灌溉用水水质参数

Tab. 2 Irrigation water quality parameters

水质参数	再生水	淡水
COD _{cr} 值/(mg·L ⁻¹)	32.7 ~ 37.5	14.7
BOD ₅ 值/(mg·L ⁻¹)	12.1 ~ 12.8	7.15
SS	9 ~ 11	
NH ₄ ⁺ -N 质量浓度/(mg·L ⁻¹)	1.10 ~ 3.43	<0.025
全氮质量浓度/(mg·L ⁻¹)	11.7 ~ 12.1	1.2
全磷质量浓度/(mg·L ⁻¹)	0.74 ~ 0.87	0.14
pH 值	7.33 ~ 7.35	7.8
电导率/(μS·cm ⁻¹)	1 036	780

1.3 取样和测试方法分析

在夏玉米生育期,分别于 2013 年 6 月 25 日播种前、8 月 15 日以及 10 月 5 日在 0 ~ 60 cm 土层内取土样,测定土壤中无机氮(铵态氮和硝态氮)的质

量比。

农田土壤 CO₂ 和 N₂O 气体收集采用密闭静态箱法测定作物-土壤系统 CO₂ 和 N₂O 排放通量。在夏玉米生育期内,每 7 d 观测 1 次气体样,施肥或灌水处理前一天加测 1 次,处理后第 1、3、5 和 7 天也分别加测。

1.4 数据处理

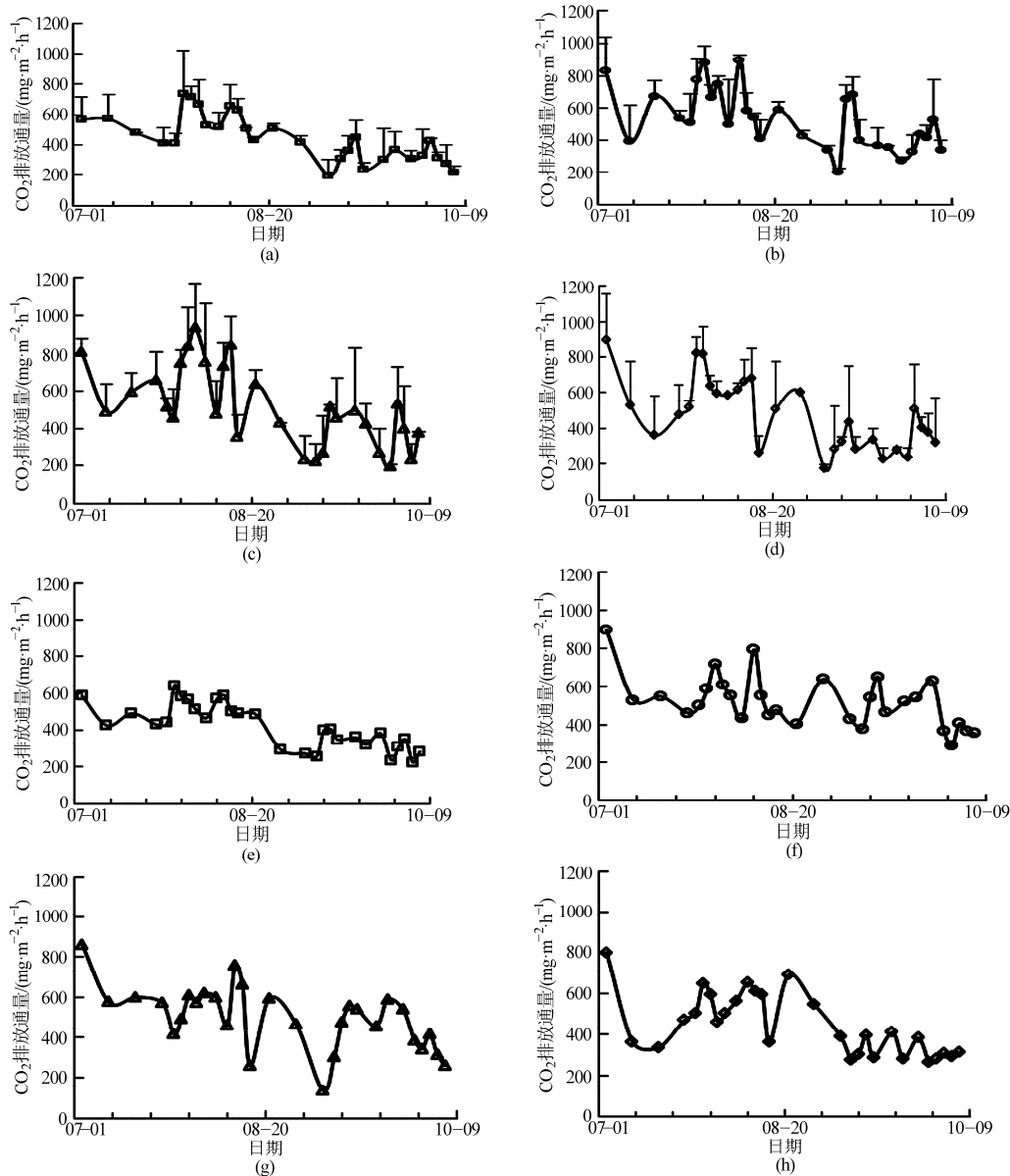
数据采用 EXCEL 2010 和 SPSS 17.0 进行分析处理。

2 结果与分析

2.1 不同水质及氮肥对土壤 CO₂ 排放的影响

土壤 CO₂ 的产生主要源自土壤的呼吸作用^[7]。对土壤呼吸作用的影响因素主要包括水热因子、作物生长及农业管理活动等^[10]。本试验在水热、作物生长基本保持一致的情况下,探究氮肥及灌水水质对土壤 CO₂ 排放的影响。施肥会增加土壤 C、N、P 的含量,改变土壤的化学元素组成,可以增加土壤中易分解的有机质,增加土壤呼吸作用的底物,同时能增加根系生物量,促进微生物分解和根系呼吸^[11]。夏玉米生长期土壤 CO₂ 排放的动态变化如图 1 所示。滴灌淡水的无施肥、尿素、硫酸铵和缓释肥 4 种施肥处理在整个生育期内 CO₂ 排放通量分别为 450.4、586.9、516.4 和 453.9 mg/(m²·h)。与滴灌淡水的无施肥处理相比,尿素、硫酸铵和缓释肥处理 CO₂ 排放通量增幅达到 23.24%、12.78%、0.76%。不施氮肥处理在整个夏玉米生育期内,没有外来氮源为土壤呼吸作用提供大量底物,但因为底肥施用了 P 和 K^[12],还是对土壤呼吸作用产生了一定影响。施肥处理中施硫酸铵处理 CO₂ 的日排放通量相对较高,缓释肥处理相对较低,差异性分析表明,3 种氮肥处理下土壤 CO₂ 的排放通量差异并不显著。

滴灌再生水的无施肥、尿素、硫酸铵和缓释肥 4 种施肥处理在整个夏玉米生育期内 CO₂ 排放通量分别为 414.7、482.7、448.9 和 434.3 mg/(m²·h),与滴灌再生水的无施肥处理相比,施尿素、硫酸铵和

图1 不同处理农田土壤 CO₂ 排放通量变化Fig. 1 CO₂ emissions from agricultural soils of different treatments

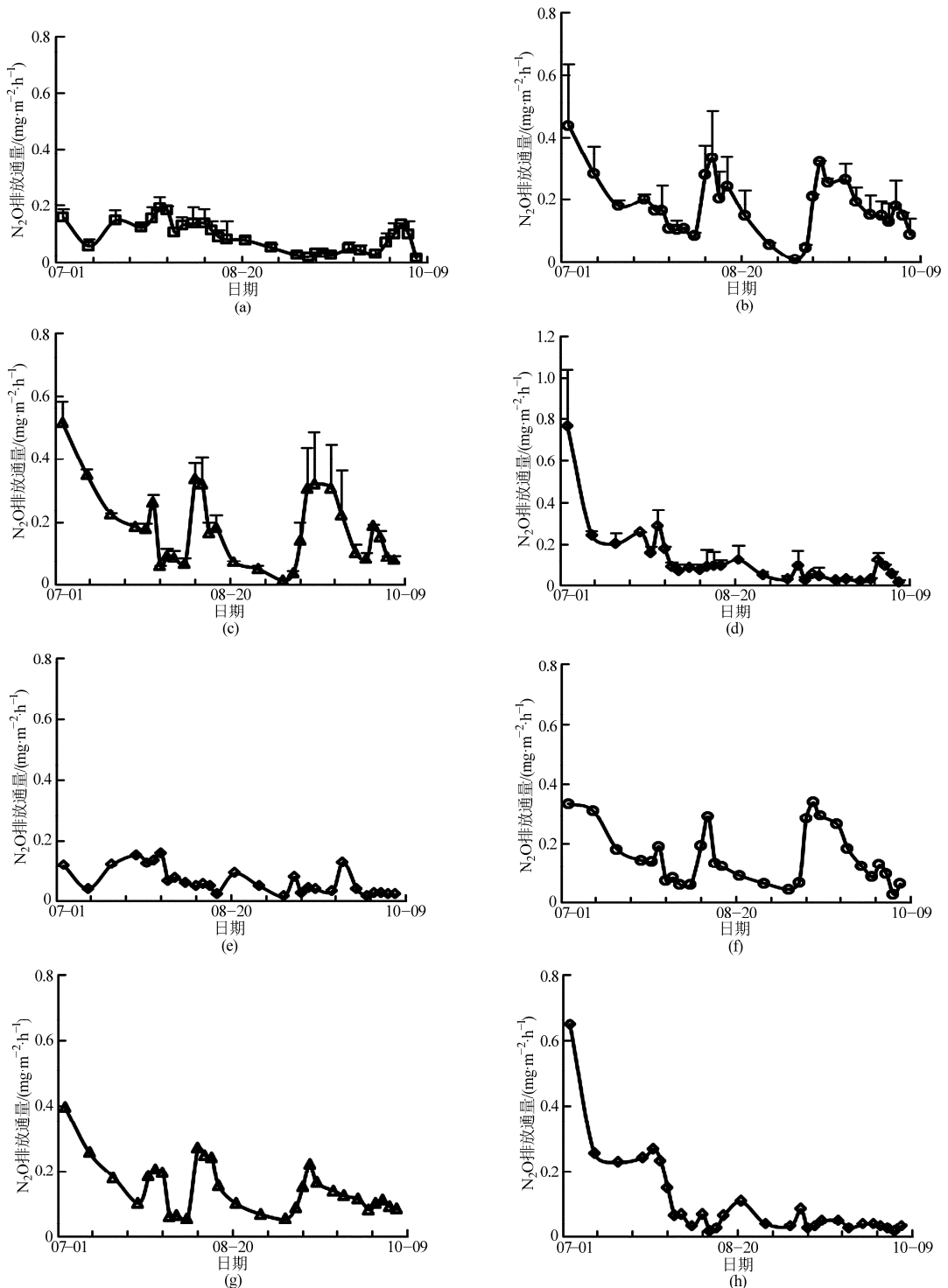
(a) 再生水,无肥 (b) 再生水,尿素 (c) 再生水,硫酸铵 (d) 再生水,缓释肥
(e) 淡水,无肥 (f) 淡水,尿素 (g) 淡水,硫酸铵 (h) 淡水,缓释肥

缓释肥处理的 CO₂ 排放通量增幅达到 14.10%、7.62%、4.75%。2 种不同水质配合不同种类氮肥的情况下,农田土壤 CO₂ 的排放规律大致相同。4 种施肥条件下,再生水处理较淡水处理的 CO₂ 日平均排放通量分别降低 4.50%、8.62%、21.58%、15.06%,这是由于二级再生水中含有大量微生物、细菌等,会抑制土壤呼吸作用,进而减少了土壤 CO₂ 的排放。

2.2 不同水质及氮肥对土壤 N₂O 排放的影响

硝化和反硝化作用是农田土壤产生 N₂O 的 2 个重要关键过程,硝化作用过程中 N₂O 是第二阶段的重要产物,反硝化作用过程中缺氧会导致 N₂O 的产量增多^[8]。农业系统肥料的施用会增加土壤 N₂O

的排放,夏玉米生长期土壤 N₂O 排放的动态变化如图 2 所示。滴灌淡水的 不施肥、尿素、硫酸铵和缓释肥处理在整个生育期内 N₂O 排放通量分别为 0.059 1、0.134 7、0.209 8 和 0.137 6 mg/(m²·h),与滴灌淡水的 不施肥处理相比,尿素、硫酸铵和缓释肥处理 N₂O 日平均排放通量增幅达到 127.76%、254.86%、132.63%。经过差异性分析发现不同施肥处理间 N₂O 排放通量差异显著 ($p > 0.05$)。无施肥处理在整个夏玉米生育期内没有施用任何氮肥,因此 N₂O 排放通量的变化幅度较小。由于硝化作用是将氨氧化成硝酸,从图 2 中可以看出,施用硫酸铵的处理 N₂O 排放通量变化幅度较大,尿素处理次之,缓释肥处理最少,硫酸铵处理 N₂O 排放通量变

图 2 不同处理农田土壤 N_2O 排放通量变化Fig. 2 N_2O emissions from agricultural soils of different treatments

- (a) 再生水, 无肥 (b) 再生水, 尿素 (c) 再生水, 硫酸铵 (d) 再生水, 缓释肥
 (e) 淡水, 无肥 (f) 淡水, 尿素 (g) 淡水, 硫酸铵 (h) 淡水, 缓释肥

化比尿素、缓释肥处理变化明显。这是因为施用硫酸铵为硝化作用直接提供大量氨根离子, 有利于硝化作用的进行, 会释放出更多的 N_2O 。而尿素挥发能力强, 在施肥过程中会有一定程度的挥发造成氮素流失, 同时尿素在土壤中水解的过程也会造成一部分氮素流失^[13]; 但缓释肥中含有脲酶抑制剂^[14],

它可以很好地抑制土壤中铵态氮的硝化作用, 从而减少 N_2O 排放, 因此 N_2O 的排放量较其他 2 种施肥处理少。

滴灌再生水的不施肥、尿素、硫酸铵和缓释肥处理在整个生育期内 N_2O 排放通量分别为 0.079 0、0.164 1、0.225 7 和 0.146 0 mg/(m²·h), 与再生水

无施肥处理相比,尿素、硫酸铵和缓释肥 N_2O 排放通量增幅达到 107.69%、185.56%、84.77%。通过图 2 同样可以看出,4 种不同处理 N_2O 排放通量的变化过程与淡水处理相同,2 种不同水质配合不同种类氮肥的情况下,农田土壤 N_2O 的排放规律大致相同。4 种施肥条件下,再生水处理较淡水处理的 N_2O 排放通量分别增加了 33.65%、21.87%、7.55% 和 6.16%。说明不同水质配合不同种类氮肥的情况下,再生水处理 N_2O 的排放通量有一定程度的增加,这是因为再生水中含有大量铵态氮,淡水中铵态氮含量极少,而铵态氮有利于土壤硝化作用的进行,大量铵态氮随着再生水灌溉进入土壤,对土壤 N_2O 的排放有一定促进作用,差异性分析表明灌溉水质对土壤 N_2O 的排放没有显著影响 ($p > 0.05$)。

2.3 不同水质及氮肥对玉米产量的影响

刘洪禄等^[15]通过多年灌溉试验研究表明,再生水灌溉会在一定程度上促进作物增产,但对产量并未造成显著性影响。本试验选用夏玉米品种“京单 28”,国家统计夏玉米平均产量为 9 654.0 kg/hm²。滴灌淡水的处理、尿素、硫酸铵及缓释肥处理的产量分别为 9 533.3、11 493.3、11 741.3 和 11 288.0 kg/hm²,与统计产量相比变幅分别为 -1.245%、19.053%、21.621% 和 16.926%,施肥处理产量有所增加。滴灌再生水的处理、尿素、硫酸铵及缓释肥处理产量分别为 9 613.3、11 384.0、11 522.7 及 11 978.7 kg/hm²,与统计产量相比变幅分别为 -0.421%、17.920%、19.356% 和 24.080%,与淡水灌溉相似,施肥处理产量也有所增加。对试验结果进行显著性分析发现淡水和再生水不同施肥处理间夏玉米产量无显著性差异。相同施肥不同灌溉水质,夏玉米产量没有明显差异。不施肥处理产量有所减少,这是因为在不施用氮肥情况下,植物生长情况相对一般;施氮肥后产量比统计产量有所增加,产量增加与肥料、水源充足,管理方式合理等有关。

表 3 不同处理夏玉米产量

Tab.3 Summer corn yield of different treatments

施肥 处理	总产量/(kg·hm ⁻²)		变幅/%	
	再生水处理	淡水处理	再生水处理	淡水处理
无施肥	9 613.3	9 533.3	-1.245	-0.421
尿素	11 384.0	11 493.3	19.053	17.920
硫酸铵	11 522.7	11 741.3	21.621	19.356
缓释肥	11 978.7	11 288.0	16.926	24.080

3 讨论

目前关于再生水灌溉对农田土壤 CO_2 和 N_2O

排放影响的研究相对较少。随着再生水逐渐应用到农业灌溉中,绿色环境、减排等热点问题得到更多的社会关注,探究再生水灌溉对农田土壤温室气体的排放情况具有十分重要的意义。

Xue 等^[16]研究发现处理过的废水比淡水含有更高的盐分、大肠杆菌和有机氮等,用于灌溉会增加土壤 N_2O 的排放。这与本试验中,在同种施肥条件下,再生水灌溉促进了 N_2O 排放的观点一致。然而,试验中再生水对农田土壤 CO_2 排放的影响,与其他学者的研究结论有所差异,部分学者研究发现^[17]再生水灌溉增加土壤中微生物数量,它通过促进土壤呼吸作用进而增多土壤 CO_2 的排放,而本试验研究发现再生水滴灌在短期内抑制了土壤 CO_2 的排放,长期再生水滴灌是否还具有相同规律还需要进一步验证,试验中 CO_2 排放降低也可能与选用的二级再生水有关。

Zou 等^[18]通过连续 3 年稻田试验发现,尿素的施用会显著增加农田土壤 N_2O 的排放;Malhi 等^[19]研究发现,随着氮肥施入量的增加,土壤 CO_2 和 N_2O 排放会逐渐增加。试验中也具有相同的规律,施用氮肥促进了农田土壤 CO_2 和 N_2O 的排放。目前,研究较多是关于施氮肥和不施氮肥对照,由于不同种类氮肥的理化性质不同,对土壤 CO_2 和 N_2O 的排放的影响会有所区别,关于这方面的相关研究较少。通过夏玉米试验,发现不同氮肥会对土壤呼吸作用产生不同程度的影响,不同氮肥处理下 CO_2 的排放规律也不同,其表现为尿素 > 硫酸铵 > 缓释肥 > 不施肥处理,但并未对土壤 CO_2 的排放造成显著影响。不同氮肥对土壤硝化作用及反硝化作用产生不同的影响,本试验中 N_2O 的排放规律:硫酸铵 > 尿素 > 缓释肥 > 不施肥处理,不同氮肥处理间土壤 N_2O 的排放通量差异显著。

滴灌对温室气体排放的影响方面,国内已有一定的研究。陶丽佳等^[20]通过覆膜滴灌对温室气体产生及排放的影响研究发现覆膜滴灌通过水分影响土壤水分、温度和湿度等,进而影响土壤 CO_2 和 N_2O 的排放。地面滴灌与覆膜滴灌有所区别,是否具有相同规律还需进一步研究。

4 结论

(1) 再生水滴灌条件下土壤减少了 CO_2 的排放,同时由于再生水中含有大量铵态氮而促进了土壤 N_2O 的排放。尽管造成了差异,但试验结果表明灌溉水质对土壤 CO_2 、 N_2O 排放通量的影响差异并不显著。

(2) 夏玉米滴灌试验中,施不同种类氮肥条件

下农田土壤CO₂的排放规律是:尿素>硫酸铵>缓释肥>不施肥处理,但是并未因为施肥种类的不同对CO₂排放产生显著性影响。农田土壤N₂O的排放规律是:硫酸铵>尿素>缓释肥>不施肥处理,不同种类氮肥对农田土壤N₂O排放的影响显著。

(3)不同种类氮肥处理条件下,夏玉米产量均有所增加。

(4)施用缓释肥能有效减少温室气体的排放,同时保证作物稳产、增产,具有较好的经济效益。

参 考 文 献

- 邱化蛟,程序,常欣,等.北京市水资源状况分析[J].北京农学院学报,2005,19(4):4-9.
Qiu Huajiao, Cheng Xu, Chang Xin, et al. The analysis of Beijing water resource[J]. Journal of Beijing Agricultural College, 2005,19(4):4-9. (in Chinese)
- 黄冠华.再生水农业灌溉安全的有关问题研究[J].中国农业科技导报,2007,9(1):26-35.
Huang Guanhua. The safety use of treated waste water for irrigation in agriculture[J]. Review of China Agricultural Science and Technology, 2007,9(1):26-35. (in Chinese)
- 岳绚丽,宋超.北方春玉米膜下滴灌技术应用现状及对策[J].现代农业科技,2013(11):66.
- Smith P, Martino D, Cai Z, et al, Greenhouse gas mitigation in agriculture[J]. Philosophical Transactions of the Royal Society B-Biological Sciences, 2008,363(1492):789-813.
- Liu X, Zhang F. Nitrogen fertilizer induced greenhouse gas emissions in China [J]. Current Opinion in Environmental Sustainability, 2011,3(5):407-413.
- Hu X K, Su F, Ju X T, et al. Greenhouse gas emissions from a wheat-maize double cropping system with different nitrogen fertilization regimes[J]. Environmental Pollution, 2013, 176: 198-207.
- Schlesinger W H, Andrews J A. Soil respiration and the global carbon cycle[J]. Biogeochemistry, 2000, 48(1):7-20.
- Hayatsu M, Tago K, Saito M. Various players in the nitrogen cycle: diversity and functions of the microorganisms involved in nitrification and denitrification[J]. Soil Science and Plant Nutrition, 2008, 54(1):33-45.
- Kallenbach C M, Rolston D E, Horwath W R. Cover cropping affects soil N₂O and CO₂ emissions differently depending on type of irrigation[J]. Agriculture Ecosystems & Environment, 2010, 137(3-4):251-260.
- 韩广轩,周广胜,许振柱,等.中国农田生态系统土壤呼吸作用研究与展望[J].植物生态学报,2008,32(3):719-733.
Han Guangxuan, Zhou Guangsheng, Xu Zhenzhu, et al. Research and prospects for soil respiration of farmland ecosystems in China[J]. Journal of Plant Ecology, 2008,32(3):719-733. (in Chinese)
- 张东秋,石培礼,张宪洲,等.土壤呼吸主要影响因素的研究进展[J].地球科学进展,2005,20(7):778-785.
Zhang Dongqiu, Shi Peili, Zhang Xianzhou, et al. Some advance in the main factors controlling soil respiration[J]. Advances in Earth Science,2005, 20(7):778-785. (in Chinese)
- 孟磊,丁维新,何秋香,等.长期施肥对冬小麦/夏玉米轮作下土壤呼吸及其组分的影响[J].土壤,2008,40(5):725-731.
Meng Lei, Ding Weixin, He Qiuxiang, et al. Effect of long-term fertilization on soil respiration flux and its components under winter wheat/summer maize rotation[J]. Soils, 2008,40(5):725-731. (in Chinese)
- 徐婷婷,宋鹏慧,闫暮春,等.改性尿素施用对氨挥发量及无机氮变化的影响[J].中国土壤与肥料,2013(5):29-33.
Xu Tingting, Song Penghui, Yan Muchun, et al. Effect of modified urea on ammonia volatilization and soil inorganic nitrogen[J]. Soil and Fertilizer Sciences in China, 2013(5):29-33. (in Chinese)
- 倪秀菊,李玉中,徐春英,等.土壤脲酶抑制剂和硝化抑制剂的研究进展[J].中国农学通报,2009,25(12):145-149.
Ni Xiujie, Li Yuzhong, Xu Chunying, et al. Advance of research on urease inhibitor and nitrification inhibitor in soil[J]. Chinese Agricultural Science Bulletin,2009,25(12):145-149. (in Chinese)
- 刘洪禄,马福生,徐翠平,等.再生水灌溉对冬小麦和夏玉米产量及品质的影响[J].农业工程学报,2010,26(3):82-86.
Liu Honglu, Ma Fusheng, Xu Cuiping, et al. Effect of irrigation with reclaimed water on quality and yield of winter wheat and summer corn[J]. Transactions of the CSAE,2010,26(3):82-86. (in Chinese)
- Xue Yandong, Yang Peiling, Luo Yuanpei, et al. Characteristics and driven factors of nitrous oxide and carbon dioxide emissions in soil irrigated with treated wastewater[J]. Journal of Integrative Agriculture, 2012, 11(8):1354-1364.
- 焦志华,黄占斌,李勇,等.再生水灌溉对土壤性能和土壤微生物的影响研究[J].农业环境科学学报,2010,29(2):319-323.
Jiao Zhihua, Huang Zhanbin, Li Yong, et al. The effect of reclaimed water irrigation on soil performance and the microorganism[J]. Journal of Agro-Environment Science,2010,29(2):319-323. (in Chinese)
- Zou Jianwen, Huang Yao, Jiang Jingyan, et al. A 3-year field measurement of methane and nitrous oxide emissions from rice paddies in China: effects of water regime, crop residue, and fertilizer application[J]. Global Biogeochemical Cycles, 2005, 19(2):GB2021.
- Malhi S S, Lemke R, Wang Z H, et al. Tillage, nitrogen and crop residue effects on crop yield, nutrient uptake, soil quality, and greenhouse gas emissions[J]. Soil & Tillage Research, 2006, 90(1-2):171-183.

- 20 陶丽佳,王凤新,顾小小. 覆膜滴灌对温室气体产生及排放的影响研究进展[J]. 中国农学通报,2013,29(3):17-23.
Tao Lijia, Wang Fengxin, Gu Xiaoxiao. Advance in studies on effect of mulched drip irrigation on production and emission of greenhouse gas[J]. Chinese Agricultural Science Bulletin, 2013,29(3):17-23. (in Chinese)

Impact of Reclaimed Water Drip Irrigation with Different Nitrogen Fertilizers on CO₂ and N₂O Emissions in Summer Maize Field

Gao Dawei Ren Shumei Yang Peiling Shang Fangze Ma Ning Shi Jianguo
(College of Water Resources & Civil Engineering, China Agricultural University, Beijing 100083, China)

Abstract: During the growth period of summer maize, fresh water (F) and reclaimed water (R) are both used for drip irrigation with no fertilizer (CK), urea (U), ammonium sulfate (A) and slow-release urea (S). From the result of experiment, we can realize the impact of different water quality and different nitrogen fertilizers on CO₂ and N₂O emissions from the soil and the yield of summer maize. The result showed that the average daily emissions of CO₂ flux from the soil irrigated by reclaimed water is reduced by an average of 12.44%, and the average daily emissions of N₂O flux from the same soil was increased by an average of 17.31% compared with the soil irrigated by fresh water, From these data, we can know that the impact of irrigation water quality on the average daily emissions of CO₂ and N₂O is not significant ($p > 0.05$). Compared with no fertilizer treatment, the average daily emissions of CO₂ flux from the soil fertilized by urea, ammonium sulfate and slow-release fertilizer were respectively increased by an average of 18.67%, 10.20% and 2.76%, and the average daily emissions of N₂O flux from the same soil were respectively increased by an average of 117.73%, 220.21% and 108.70%. From these data, we can know that fertilizer types had an insignificant impact on the average daily emissions of CO₂ flux, but it had a significant impact on the average daily emissions of N₂O flux ($p > 0.05$). Compared with the national yield of summer maize production, the yield of summer maize was increased by an average of 19.83% from the fertilized soil, and reduced by an average of 0.83% from the unfertilized soil. From these data, we can realize that the impact of different water qualities and fertilizers on summer maize yield was not significant ($p > 0.05$). Under the premise of saving water and ensuring production, the research result plays a very important role in the study of different water qualities and fertilizers to reduce the emissions of CO₂ and N₂O.

Key words: Reclaimed water Fertilizing Drip irrigation CO₂ N₂O Output