

不同施肥方法对毛豆温室气体排放、产量及品质的影响

张娟琴, 郑宪清, 李双喜, 何七勇, 张翰林, 吕卫光

(上海市农业科学院 生态环境保护研究所, 农业部上海农业环境与耕地保育科学观测实验站,
上海市设施园艺技术重点实验室, 上海市农业环境保护监测站, 上海 201403)

摘要:以毛豆为试材,采用大田小区试验,综合分析了单施化肥(H)、有机肥配施化肥(HY)、秸秆堆肥配施化肥(HJ)3个处理对 CH_4 、 CO_2 和 N_2O 等3种温室气体排放规律、毛豆产量和品质的影响。结果表明:HJ处理增加了 CH_4 排放量,分别比HY和H平均增加了18.42%和32.35%;毛豆生长季节H、HY、HJ处理 CO_2 的季节累积排放量分别为:1 197.90、1 173.60、1 183.86 $\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$,各处理的差异不显著;H处理显著增加了 N_2O 排放量,较HJ、HY增加了37.5%和35.09%。HY、HJ处理较H处理分别增产7.31%和6.72%。HY、HJ处理毛豆中维生素C、可溶性糖、蛋白质含量与H处理相比分别提高11.47%、9.18%、12.80%、12.60%、12.41%、10.15%。综合考量增温潜势(GWP)、温室气体排放强度(GHGI)、产量及品质等指标,HJ、HY处理能明显降低温室气体增温潜势及排放强度,提高毛豆的产量及品质。

关键词:毛豆;温室气体;产量;品质;施肥方法

中图分类号:S 643.726.5 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2016)22-0069-04

农田生态系统是与人类关系最为密切的陆地生态系统之一,根据第4次政府间气候变化委员会(IPCC)的评估报告,大气中90%的 N_2O 、70%的 CH_4 和20%的 CO_2 来源于农业活动及相关过程^[1-2]。农业作为温室气体重要的排放源之一,逐渐受到人们的关注。农田温室气体的排放受施肥、秸秆还田、种植模式、气候条件、土壤理化性质、农田生物群落等因素的影响。有研究表明,水肥管理措施可有效控制温室气体排放^[3-6]。

毛豆别名菜用大豆,作为价廉物美的高纤维“冠军”,是全国百姓餐桌的绿色常客。毛豆作为我国出口大宗蔬菜之一,全国的年种植面积超过千万亩,其中长江中下游地区可达15万 hm^2 以上,而且毛豆是崇明地

区经济的重要组成之一。该研究通过调查当地施肥类型、农业秸秆利用率等情况,并结合土壤理化特点、施肥习惯以及毛豆需肥规律等,通过化肥与不同有机物料配施方案,明确不同施肥处理对温室气体排放、毛豆产量及品质的影响,旨在获得毛豆肥料配施的合理方法,在提高生态环境及经济效益的同时减少温室气体的排放量,为探索菜田节能减排机制提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验地位于上海市崇明县三星镇的上海市农业科学院崇明试验基地(东经121°54'00",北纬31°41'15"),属北亚热带季风气候,年均气温15.3℃,年降水量1 003.7 mm,降水集中在4—9月,土壤为沙夹黄土。

1.2 试验材料

供试毛豆为“青酥6号”早熟品种。露地栽培,于4月1日播种,行距40 cm,穴距15 cm,每穴种植2~3株,播种量115 $\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 以上,于7月5—10日分批完成采收。三元复合肥(15:15:15)、过磷酸钙(12%)和尿素(46%);商品有机肥(N:0.98%, P_2O_5 :2.71%, K_2O :2.05%,有机质:31%),秸秆堆肥(N:1.01%, P_2O_5 :1.75%, K_2O :3.15%,有机质:55%)。

1.3 试验方法

采用大田小区试验,小区面积15 m×10 m,共设

第一作者简介:张娟琴(1982-),女,硕士,助理研究员,研究方向为环境保护。E-mail:zhjuanqin501@163.com.

责任作者:吕卫光(1972-),男,博士,研究员,研究方向为环境保护与修复。E-mail:lweil217@sina.com.cn.

基金项目:上海市科委基础研究领域资助项目(13JC1404800);上海市农口青年成长资助项目(沪农青字(2014)第1-25号);上海市长三角国内合作资助项目(14395810602);上海市科技兴农推广资助项目(沪农科推字(2013)第4-1号);国家科技支撑计划资助项目(2010BAK69B18);沪农科推字(2015)第2-2号资助项目;沪农科攻字(2015)第1-4号资助项目。

收稿日期:2016-08-04

3 个处理,分别为单施化肥(H)、化肥配施商品有机肥(HY)、化肥配施秸秆堆肥(HJ),每处理 3 次重复。单施化肥(H)处理以三元复合肥 $300 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$,过磷酸钙 $200 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 为基肥,化肥配施商品有机肥(HY)和化肥配施秸秆堆肥(HJ)分别以商品有机肥 $4500 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$,秸秆堆肥 $4500 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 为基肥,然后开花初期(5 月 23 日)、结荚鼓粒期(6 月 20 日)分别追施尿素 $150, 50 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 。各施肥处理其它栽培管理措施相同。

1.4 项目测定

温室气体的采集、测定采用静态箱-气相色谱法^[7]。产量采用估测法,以小区为单位,在毛豆采收期间随机取 25 株,通过称量样品所结豆荚的重量来估测每个小区产量^[8]。品质的测定:维生素 C 含量采用 2,6-二氯酚靛酚比色法测定;可溶性糖含量采用蒽酮比色法测定;可溶性蛋白质含量采用考马斯亮兰比色法测定^[9]。

1.5 数据分析

排放通量 F ,单位 $\text{mg} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{h}^{-1}$ 或 $\mu\text{g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{h}^{-1}$:

$$F = \rho V \frac{dC}{dt} \frac{1}{A} = \frac{mP}{R(273+T)} \frac{V}{A} \frac{dC}{dt} = H \frac{mP}{R(273+T)} \frac{dC}{dt}$$

式中, m 为气体的摩尔质量($\text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$), R 为普适气体常数($8.314 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$), T 为采样时箱内平均气温($^{\circ}\text{C}$), P 为采样点大气压力,通常视为标准大气压,即 $P = 1.013 \times 10^5 \text{ Pa}$, dC/dt 为气体排放速率。

增温潜势(global warming potential,GWP),单位 $\text{kg} (\text{CO}_2\text{-eqv}) \cdot \text{hm}^{-2}$; CO_2 、 CH_4 与 N_2O 的增温系数(分别为 1、25、298)与其全年排放通量(F)相乘后相加所得。 $GWP = (25 \times F_{\text{CH}_4} + F_{\text{CO}_2} + 298 \times F_{\text{N}_2\text{O}})$ 。

温室气体排放强度(greenhouse gas intensity,GHGI),单位 $\text{kg} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{a}^{-1}$, a 为每年^[10], $GHGI = GWP/\text{作物产量}$ 。

试验结果以 3 次重复的平均值±标准差来表示,采用 Microsoft Excel 和 SPSS 软件对试验数据进行统计和分析。

2 结果与分析

2.1 不同施肥处理对温室气体排放的影响

2.1.1 CH_4 的排放特征 由图 1 可知,出苗 7 d 后,3 种处理 CH_4 排放通量小幅上升,在 5 月 12 日达到峰值,其后又逐渐下降,整个生长季节 HJ 处理的 CH_4 排放通量均高于其它处理,6 月 2 日 HJ 处理的 CH_4 排放通量分别较 H、HY 高出 36.4% 和 34.1%。这与前人研究结果相似,马静等^[11]、CAI 等^[12] 认为秸秆还田增加了农田 CH_4 的排放量。

2.1.2 CO_2 的排放特征 由图 2 可知,3 种处理排放通量变化趋势基本一致,出苗后大致呈上升趋势,6 月 2 日

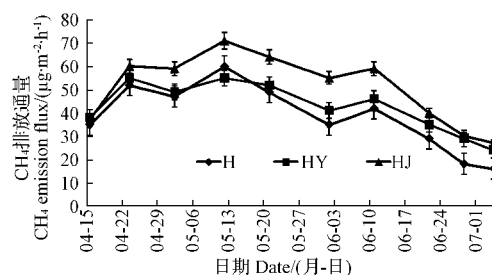


图 1 不同施肥处理下毛豆种植季 CH_4 排放通量变化规律

Fig. 1 Variations of CH_4 emission fluxes in soybean growing season under different fertilization treatments

CO_2 排放通量达到峰值。4 月 15 日至 5 月 21 日 3 个处理 CO_2 排放通量略有差异,可能与 3 个处理肥效快慢有关。HJ 处理并没有显著影响毛豆种植季 CO_2 排放通量,HJ 和 HY 与 H 处理之间差异不显著,主要影响因素为气温, CO_2 排放通量随着温度的升高而上升。

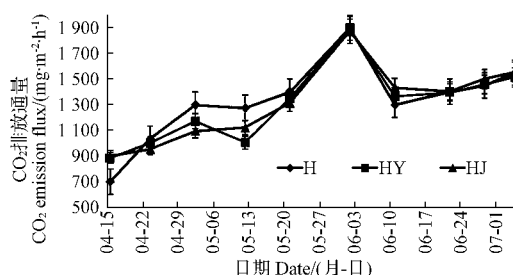


图 2 不同施肥处理下毛豆种植季 CO_2 排放通量变化规律

Fig. 2 Variations of CO_2 emission fluxes in soybean growing season under different fertilization treatments

2.1.3 N_2O 的排放特征 由图 3 可知,在毛豆植株生长初期, N_2O 排放量相对较低,在毛豆由营养生长期逐渐转入生殖期,养分的吸收量逐渐增大,尤其是 N 素的吸收增大,从而促使植株 N_2O 的排放,在 5 月 2 日左右形成小高峰。而 6 月 2 日、22 日形成的 N_2O 排放峰值可能与开花期、鼓粒期追肥有关。H 处理 N_2O 的排放量要显著高于 HJ、HY,HJ 与 HY 处理差异极其微小,由此可见肥料的种类是影响 N_2O 排放通量的主要因素

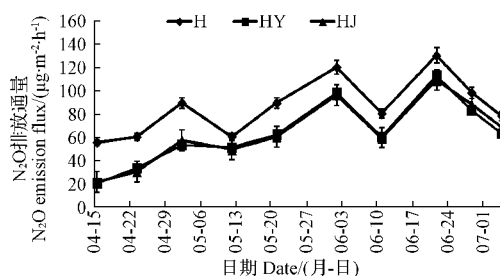


图 3 不同施肥处理下毛豆种植季 N_2O 排放通量变化规律

Fig. 3 Variations of N_2O emission fluxes in soybean growing season under different fertilization treatments

之一。前人的研究表明随着氮肥施入量的增加, N_2O 排放速率呈上升趋势^[13-17]。

2.1.4 不同施肥处理对温室气体排放量、增温潜势、排放强度的影响 从表 1 可以看出, 3 个处理在毛豆生长季节 CO_2 的季节累积排放量分别为 1 197.90、1 173.60、1 183.86 $kg \cdot hm^{-2}$, 各处理差异不显著; CH_4 的季节累积排放量分别为 0.034、0.038、0.045 $kg \cdot hm^{-2}$, 毛豆种植季秸秆堆肥配施化肥 HJ 提升 CH_4 排放量, 平均分别比有机肥配施化肥 HY 和单施化肥 H 高 18.42% 和 32.35%; N_2O 的季节累积排放量分别为 0.077、0.057、0.056 $kg \cdot hm^{-2}$, 单施化肥 H 处理显著增加了 N_2O 排放量, 较 HJ、HY 提升了 37.5% 和 35.09%。处理 H 的 N_2O 季节累积排放量显著高于其它处理, CH_4 的季节累积排放量则低于其它处理。各处理的 CO_2 季节累积排放量无显著差异。由表 1 还可以看出, 各处理的增温潜势(GWP)以 H 处理最高, 分别较 HY、HJ 处理高 2.53%、1.64%。毛豆种植季节的温室气体排放强度(GHGI), H 处理最高, 分别较 HY、HJ 高出 10.00%、8.04%。

表 1 不同施肥处理对毛豆季温室气体季节累积排放量、综合效应、排放强度的影响

Table 1 Effect of different fertilization treatments on greenhouse gas cumulative fluxes, global warming potential and intensity

处理 Treatment	温室气体季节累积排放量 Flux in soybean growing season/($kg \cdot hm^{-2}$)			综合效应 GWP	排放强度 GHGI
	CO_2	CH_4	N_2O		
H	1 197.90a	0.034a	0.077a	1 221.70a	0.121a
HY	1 173.60a	0.038b	0.057b	1 191.50b	0.110b
HJ	1 183.86a	0.045c	0.056b	1 201.97b	0.112b

2.2 不同施肥处理对产量及营养品质的影响

由表 2 可以看出, 毛豆产量以化肥配施有机肥(HY)处理最好, 其次是化肥配施秸秆堆肥(HJ), 分别较对照(单施化肥 H)增产 7.31% 和 6.72%^[18]。

配施有机肥(HY)和配施秸秆堆肥(HJ)处理中毛豆中维生素 C、可溶性糖、蛋白质含量与单施化肥(H)处理相比均有不同程度提高, 其中化肥配施有机肥(HY)、化肥配施秸秆堆肥(HJ)处理维生素 C 含量分别比单施化肥(H)提高 11.47%、9.18%; 蛋白质含量分别提高 12.80%、12.60%; 可溶性糖含量分别提高 12.41%、10.15%。与前人的研究结果相似^[19-20]。

表 2 不同施肥处理对毛豆产量和营养品质的影响

Table 2 Effect of different fertilization treatments on yield and quality of soybean

处理 Treatment	产量 Yield	维生素 C 含量 Vitamin C content	蛋白质含量 Protein content	可溶性糖含量 Soluble sugar
	/($kg \cdot hm^{-2}$)	/($mg \cdot kg^{-1}$)	/($g \cdot kg^{-1}$)	content/%
H	10 050	387.0	403.1	5.32
HY	10 785	409.1	454.7	5.98
HJ	10 725	400.7	453.9	5.86

3 结论

该研究表明, 毛豆种植季秸秆堆肥配施化肥(HJ)提升了 CH_4 排放量, 平均分别比有机肥配施化肥(HY)和单施化肥(H)高 18.42% 和 32.35%; 毛豆种植季, 各处理的 CO_2 的季节累积排放量差异不显著; 单施化肥(H)处理显著增加了 N_2O 排放量, 较 HJ、HY 提升了 37.5% 和 35.09%。各处理的增温潜势(GWP)以 H 最高, 分别较 HY、HJ 高 2.53%、1.64%。通过增温潜势(GWP)、温室气体排放强度(GHGI)、产量及品质等指标的综合考量, 试验表明秸秆还田配施化肥、化肥配施有机肥能明显降低温室气体综合效应及排放强度, 提高毛豆的产量及品质。由此可见, 合理的施肥方式能够增加毛豆产量, 同时, 有助于农业废弃物的资源化利用, 促进低碳农业的可持续发展。

参考文献

- [1] IPCC. 2006 IPCC guidelines for national greenhouse gas inventories [R]. General Guidance and Reporting of Intergovernmental Panel on Climate Chapter 4, 2006:89-90.
- [2] 李虎, 邱建军, 王立刚, 等. 中国农田主要温室气体排放特征与控制技术[J]. 生态环境学报, 2012, 21(1): 159-165.
- [3] 陈义, 吴春艳, 水建国, 等. 长期施用有机肥对水稻土 CO_2 释放与固定的影响[J]. 中国农业科学, 2005, 38(12): 2468-2473.
- [4] 李方敏, 樊小林, 刘芳, 等. 控释肥料对稻田氧化亚氮排放的影响[J]. 应用生态学报, 2004, 15(11): 2170-2174.
- [5] 施振云, 施俭, 杨锋, 等. 钾肥对提高花椰菜产量和品质的效应[J]. 土壤肥料, 2004(4): 17-19.
- [6] MOSIER A R, KROEZE C. Potential impact on the global atmospheric N_2O budget of the increased nitrogen input required to meet future global food demands[J]. Chemosphere-Global Change Science, 2000(2): 465-473.
- [7] 张翰林, 吕卫光, 张娟琴, 等. 不同秸秆还田年限对稻麦轮作系统温室气体排放的影响[J]. 中国生态农业学报, 2015, 23(3): 302-308.
- [8] 周元成, 仇泰岭, 姚满生. 有机无机复肥对马铃薯产量和品质的影响[J]. 山西农业大学学报(自然科学版), 2008, 28(1): 12-13.
- [9] 王学奎. 植物生理生化实验原理和技术[M]. 北京: 高等教育出版社, 2010: 122-270.
- [10] SHANG Q, YANG X, GAO C, et al. Net annual global warming potential and greenhouse gas intensity in Chinese double rice-cropping systems: a 3-year field measurement in long-term fertilizer experiments[J]. Global Change Biology, 2010(17): 2196-2210.
- [11] 马静, 徐华, 蔡祖聪. 塘沟埋草对稻田 CH_4 和 N_2O 排放的影响[J]. 生态与农村环境学报, 2008, 24(4): 27-31.
- [12] CAI Z C, XING G X, YAN X Y, et al. Methane and nitrous oxide emissions from rice paddy fields as affected by nitrogen fertilisers and water management[J]. Plant and Soil, 1997, 196: 7-14.
- [13] 彭世彰, 杨士红, 丁加丽, 等. 农田土壤 N_2O 排放的主要影响因素及减排措施研究进展[J]. 河海大学学报(自然科学版), 2009, 37(1): 1-5.
- [14] 徐华, 邢光嘉, 蔡祖聪. 土壤质地对小麦和棉花田排放的影响[J]. 农业环境保护, 2000, 19(1): 1-3.
- [15] 叶欣, 李俊, 王迎红. 华北平原典型农田土壤氧化亚氮的排放特征[J]. 农业环境科学学报, 2005, 24(6): 1186-1191.
- [16] MICHAEL M, DOMINIC M, VERA E, et al. Developing greenhouse

gas marginal abatement cost curves for agricultural emissions from crops and soils in the UK[J]. Agricultural Systems, 2010, 103: 198-209.

[17] 黄丽华, 沈根祥, 顾海蓉. 肥水管理方式对蔬菜田 N_2O 释放影响的模拟研究[J]. 农业环境科学学报, 2009, 28(6): 1319-1324.

[18] 彭英湘, 王凯荣, 谢小立. 水肥条件与稻草还田对土壤供氮及水稻产

量的影响[J]. 中国土壤与肥料, 2007(4): 40-48.

[19] 冯宁沙, 刘丽鹃, 刘满强. 等氮条件下不同施肥措施对花椰菜产量及品质的影响[J]. 中国农学通报, 2013, 29(22): 173-177.

[20] 敦惠宁, 吴建新, 左强. 不同施肥措施对罗马花椰菜产量、品质及氮平衡的影响[J]. 北方园艺, 2012(15): 153-157.

Effect of Different Fertilization Treatments on Greenhouse Gas Emissions and Yield, Quality of Soybean

ZHANG Juanqin, ZHENG Xianqing, LI Shuangxi, HE Qiyong, ZHANG Hanlin, LYU Weiguang

(Eco-environment and Plant Protection Research Institute, Shanghai Academy of Agricultural Sciences/Observation and Experiment Station of Agricultural Environment and Farmland at Shanghai, Ministry of Agriculture/Shanghai Key Lab of Protected Horticultural Technology/Shanghai Agricultural Environment Protection and Monitoring Station, Shanghai 201403)

Abstract: Soybean was used as material, the effect of chemical fertilizer (H), organic-inorganic complex fertilizers (HY) and straw combination with chemical fertilizer (HJ) on the emissions of greenhouse gas, soybean yield and quality was studied under an equal amount of nitrogen fertilizer. The results showed that for the greenhouse emission, CH_4 seasonal emission flux of HJ increased 18.42%, 32.35% than HY and H. CO_2 season cumulative emissions fluxes of H, HJ and HY was $1\ 197.90\ kg \cdot hm^{-2}$, $1\ 173.60\ kg \cdot hm^{-2}$, $1\ 183.86\ kg \cdot hm^{-2}$, the differences of treatments were not significant. N_2O season cumulative emissions flux of H compared with HJ, HY was higher by 37.5% and 35.09%. During soybean planting, the yield and quality of HY, HJ treatments were higher than H treatment, the yield increased 7.31% and 6.72%; the vitamin C, the protein content and the soluble sugar content were respectively increased 11.47% and 9.18%, 12.80% and 12.60%, 12.41% and 10.15%. A comprehensive consideration of the comprehensive effect of greenhouse gas (GWP), greenhouse gas emissions intensity (GHGI), soybean yield and quality index; straw combination with chemical fertilizer could significantly reduce greenhouse gas emissions and improve the yield and quality of soybean. As the largest renewable resource on earth, straw returning could improve ecological and economic benefits and reduce greenhouse gas emissions at the same time.

Keywords: soybean; greenhouse gas; yield; quality; fertilization method

欢迎订阅 2017 年《农业科技通讯》

农业部主管 中国农业科学院主办 全国农业核心期刊

刊号: ISSN1000-6400 CN11-2395/S

邮发代号: 2-602 月刊 每月 17 日出版

单价: 15.00 元 全年: 180.00 元

全国各地邮局及本刊编辑部均可订阅

展示优良品种

荟萃科技成果

聚合实用技术

本刊及时报道种植业最新研究成果,尤其是种子方面的新品种、新技术。侧重大田,兼顾园艺,是种植业者首选刊物。

主要栏目:专题论述、试验研究、粮食作物、经济作物、蔬菜、果树、西甜瓜、林木花卉等。内容丰富翔实、信息量大、技术实用。

地址: 北京中关村南大街 12 号《农业科技通讯》编辑部 100081

电话: 010-82109664 82109665 82106276 传真: 010-82109664 E-mail: tongxun@caas.cn