

邢月,沙之敏,卓志钢,等.不同施肥方式对稻田氨挥发特征的影响[J].江苏农业科学,2019,47(17):313-318.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2019.17.074

不同施肥方式对稻田氨挥发特征的影响

邢月¹,沙之敏¹,卓志钢²,曾艳丽²,袁婧¹,曹林奎¹

(1.上海交通大学农业与生物学院,上海 20000; 2.上海市青浦区水务局,上海 20170)

摘要:氨挥发是稻田生态系统中氮素损失的主要途径之一,也是氮肥利用效率低的主要因素之一。采用测坑定位试验,设置不施肥对照(CK)、单施化肥(CT)、混施肥(MT)和单施有机肥(OT)4个处理,开展了上海地区不同施肥条件下稻田氨挥发特征及其影响因素的研究。结果表明,化肥处理能够显著增加氨挥发损失量,可达到 55.96 kg/hm²,比混施肥处理和有机肥处理分别增加了 11.33 kg/hm² 和 28.74 kg/hm² 氨的挥发量。单施化肥氨挥发损失率可达 11.88%,而单施有机肥和混施肥处理氨挥发损失率分别为 2.30% 和 8.10%。田面水的铵态氮浓度是决定稻田氨挥发量的最主要因素之一,与氨挥发通量之间存在显著的相关关系($P < 0.05$)。混施肥处理较空白处理增产率最高达到 70.55%。整体来看,混施肥处理对提高水稻产量和降低氮肥环境污染风险的综合效果最佳,故混施肥是上海地区较为适合的稻田施肥方式。

关键词:有机肥;化肥;氨挥发;田面水;水稻产量

中图分类号: S143.1;S511.06

文献标志码: A

文章编号: 1002-1302(2019)17-0313-05

氮肥施用量高、肥料利用率低是我国农业生产中存在的主要问题^[1]。据张福锁等统计,我国肥料使用量在过去的几十年中一直快速增长,在 2016 年统计中首次出现了负增长^[2]。而在人口密集、经济发展迅速的长江中下游地区,近年来氮肥施用量早已大大超过全国平均水平,过度的氮肥施用不仅不能提高水稻质量与产量,反而会降低氮肥利用率^[3-4],同时也会造成土壤、水体和大气环境的污染,对人类的生存环境造成危害^[5]。据统计,在我国农业生产中,氮肥当季的表现利用率仅为 30%~35%^[6]。氨挥发在稻田生态系统中是氮肥最为主要的气态损失途径,占氮施入量 9%~42%^[7-8]。大气中的 NH₃ 被氧化后并与酸反应引起雾霾天气^[9],NH₃ 在沉降后又会返回到陆地和土壤之中,造成水体的富营养化,更进一步加剧温室效应和土壤酸化问题^[10]。

前人研究发现,稻田氮素损失与氮肥种类、施肥的方法和时期有关。从氮肥种类来说,脲胺氮肥比尿素和氯化铵的损失量小^[11],而且氨挥发损失主要发生在施肥后的 7 d 内,田面水铵态氮含量和 pH 值是影响氨挥发的重要因子。李菊梅等研究表明,水稻田间氨挥发损失以施用化肥处理最高,其次为有机无机肥各半处理,单施有机肥处理最少,有机无机肥配合施用能显著地降低稻田氨挥发量,减少氮素损失,提高氮肥利用率,其氮肥利用率可达 34.9%,高于化肥处理 33.2% 和有机肥处理 28%^[12]。杨林章等的研究结果也表明,氮肥用量

由当前农户施氮水平减少 22% 时,不会对作物氮累积量与产量造成影响,同时适当降低施氮水平并搭配有机肥,是具产量可持续性 & 环境友好性的氮肥管理模式^[13]。Xu 等研究发现,不同施肥方式 NH₃ 挥发损失为表施 > 混施 > 深施 > 粒肥深施^[14-15]。除此之外,土壤性质、气候条件以及农事操作都会影响到氨挥发的速率^[16]。

据《2016 上海市环境状况公报》显示,上海地区 PM_{2.5} 未达到国家环境空气质量年均二级标准。上海作为重要的环境保护区域,且水稻种植面积大,化肥用量大,会产生大量 NH₃,但针对上海地区氨挥发的研究却相对较少,故按照上海地区农民习惯施肥模式,研究施氮对氨挥发的影响规律和机理,对于合理安排施肥、控制稻田氨挥发量具有重要意义。赵方杰曾指出,农业生态系统中很多过程进展缓慢,环境条件也在不断地发生难以预测的变化,短期试验不能揭示长期的变化趋势,因此,长期定位试验是不可替代的研究手段^[17]。本研究基于长期测坑定位试验,比较在化肥(CT)、有机肥(OT)以及化肥与有机肥混施(MT)的条件下,氨挥发通量、总量、损失率和产量的差异,同时分析氨挥发速率与田面水铵态氮浓度、温度的关系,以期上海地区稻田氮素优化管理提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验地位于上海市青浦区(121°7'E,31°12'N),采用野外田间原位观测试验。该地区为典型稻作农区,种植制度以稻麦轮作为主。所选试验田自 2009 年起种植水稻,并维持 3 种施肥方式不变,进行长期定位试验:空白对照(CK)不施肥;单施化肥处理(CT)施用尿素;混施肥处理(MT)施用 80% 尿素 + 20% 有机肥(纯氮比);单施有机肥处理(OT)全部施用有机肥。2017 年水稻种植前土壤基本理化性质(本底值)如表 1 所示。试验地年平均气温为 17.7℃,年平均降水量为

收稿日期:2018-06-11

基金项目:国家重点研发计划(编号:2016YFD0200804);国家自然科学基金(编号:31770482,31601825);上海市科技兴农推广项目[编号:沪农科推字(2018)第4-7号]。

作者简介:邢月(1993—),女,吉林吉林人,硕士研究生,研究方向为农业面源污染防治。E-mail:1035147562@qq.com。

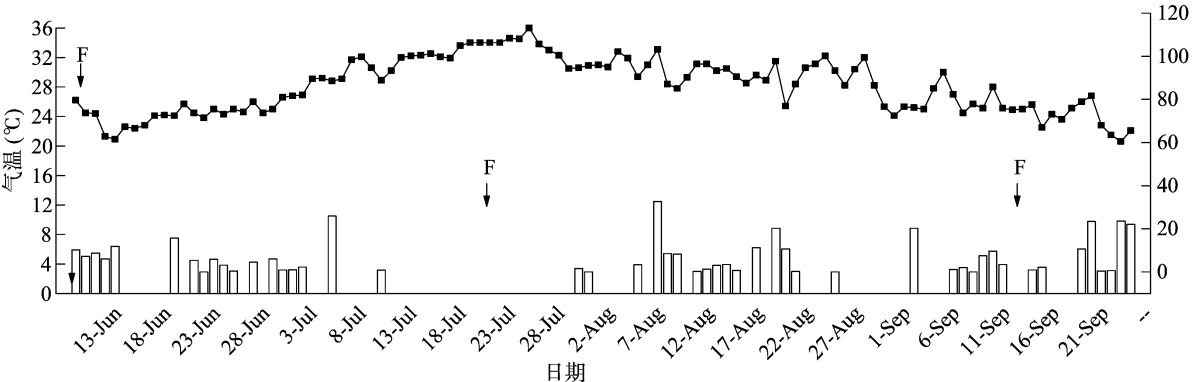
通信作者:曹林奎,博士,教授,博士生导师,主要从事生态农业与面源污染控制方向的研究。E-mail:clk@sjtu.edu.cn。

1 034.5 mm, 试验时间为 2017 年, 氨挥发采集期间日平均气温与降水量由实验站自动检测装置记录, 如图 1 所示。本研究采用测坑定位试验, 测坑装置位于上海市青浦区水务局农田水利技术推广站内。该测坑实验站建于 1998 年, 共 16 个测坑, 规格为 2 m×3 m, 建造时采用原状土回填, 坑内土壤深度为 2.5 m, 并设有犁底层, 坑与坑之间以水泥埂隔开以防止肥水的串流, 水泥埂深入土壤 2.5 m 并高出土壤表面 0.2 m。

试验稻田采用移栽种植方式, 田间水分管理为传统淹灌 + 中期烤田, 烤田时间为 14 d。供试水稻为当地常规品种“花优 14”, 试验期间稻田具体管理措施如下: 6 月 8 日施基肥, 6 月 9 日移栽, 7 月 21 日第 1 次追肥, 8 月 2—14 日烤田, 9 月 10 日第 2 次追肥, 10 月 30 日水稻收割, 其他农田管理措施参照当地习惯。

表 1 土壤基本理化性质(2017 年)

处理	pH 值	全氮含量 (%)	有机质含量 (%)	硝态氮含量 (mg/kg)	铵态氮含量 (mg/kg)	全磷含量 (mg/kg)	全钾含量 (mg/kg)	电导率 (μS/cm)	容重 (g/cm ³)
CK	7.02	0.12	23.31	4.32	2.64	1.05	14.13	96.00	1.37
CT	7.16	0.12	24.02	10.31	2.71	1.06	13.87	133.67	1.38
MT	7.08	0.14	26.95	7.85	2.91	1.20	14.23	108.00	1.41
OT	7.07	0.22	44.31	6.01	2.58	2.12	14.27	104.67	1.32



图中向下箭头表示施肥(F)日期。下图同
图1 2017 年稻季施肥后日平均气温与降水量

1.2 试验设计

试验共设 4 种处理, 包括空白对照和 3 种施肥处理, 每种处理 3 次重复, 各试验小区随机排列。3 种施肥处理控制总纯氮量相等, 施肥水平参照当地农民常规施肥量 300 kg/hm²。本试验中所施有机肥购于上海森农环保科技有限公司, 以鸡粪为原料发酵生产。有机肥含氮量为 1.74%, 有机质含量为 53.7%, 含水量为 35.8%, 尿素含氮量为 46%。有机肥均以基肥的方式施入, 尿素分为基肥和 2 次追肥(比例为 6:2:2), 具体施肥方案如表 2 所示。

表 2 不同施肥处理施肥方案		kg/hm ²		
处理方式	基肥		追肥 1	追肥 2
	有机肥	尿素	尿素	尿素
CK	0	0	0	0
CT	0	180	60	60
MT	60	120	60	60
OT	300	0	0	0

1.3 样品采集与测定

1.3.1 植株样品采集与测定 在水稻成熟后, 人工收割整个小区的水稻用于水稻产量的估算, 进行产量结构分析, 植株全氮含量用半微量凯氏定氮法测定。

1.3.2 氨挥发采集与测定 氨挥发采用密闭室间歇抽气 - 酸碱滴定法进行测定, 利用空气置换密闭室内的氨, 挥发出来

的氨随着抽气气流进入吸收瓶中, 被瓶中硼酸吸收, 通过酸碱滴定测定氨浓度, 估算土壤表面挥发氨量及累积量。氨挥发采集装置如图 2 所示, 由内径 25 cm、高 18 cm 无底的有机玻璃制成。每次施肥后连续 7~12 d, 采样时间为每日的 08:00—10:00 和 14:00—16:00。采样时应打开真空泵, 气室内的换气速率应控制在 15~20 次/min。而后在实验室用硫酸标准液(0.01 mol/L)滴定洗瓶中吸收的 NH₃, 记录所用硫酸体积(V)。

田间土壤氨挥发通量计算:

$$F = V \times 10^{-3} \times C \times 0.014 \times \frac{10^4}{\pi \times r^2} \times 6 \quad (1)$$

式中: F 为氨挥发通量, kg/(hm²·d); V 为滴定用硫酸的体积, mL; 10⁻³ 为体积转换系数; C 为滴定用硫酸的标定浓度, mol/L; 0.014 为氮原子的相对原子质量, kg/mol; 10⁴ 为面积转换系数; r 为气室的半径, m; 6 为 24 h 与日氨挥发收集时间 4 h 的比值。

氨挥发率 = [氨挥发通量(X) - 氨挥发通量(CK)]/300, X = CT、MT、OT。

本试验的气象数据由青浦区水利技术推广站提供。

1.3.3 水稻田面水收集与测定 水稻田面水采集与氨挥发采集时间一致, 多点取得田面水样品进行混合, 后装入聚乙烯塑料瓶中, 带回实验室经定量滤纸初步过滤后分析测定。铵态氮(NH₄⁺-N)用紫外分光光度法测定。

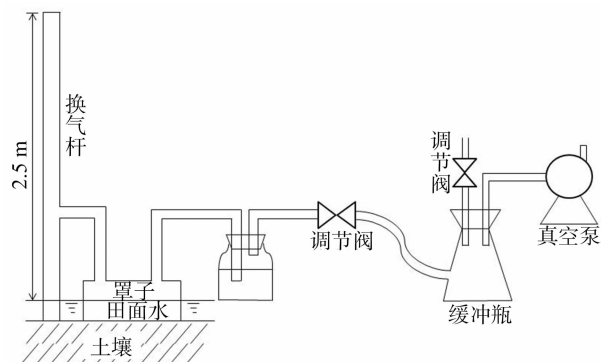


图2 稻田氨挥发测定装置

2 结果与分析

2.1 不同施肥处理水稻田间氨挥发动态

稻田各施肥处理的氨挥发通量变化如图3所示。在各次

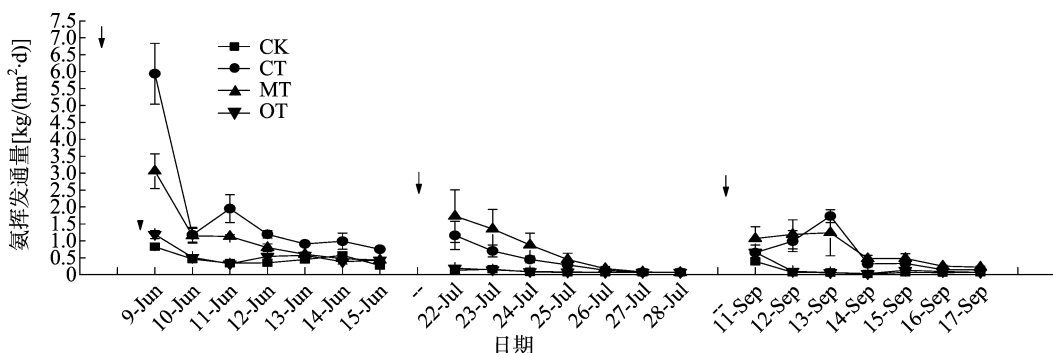


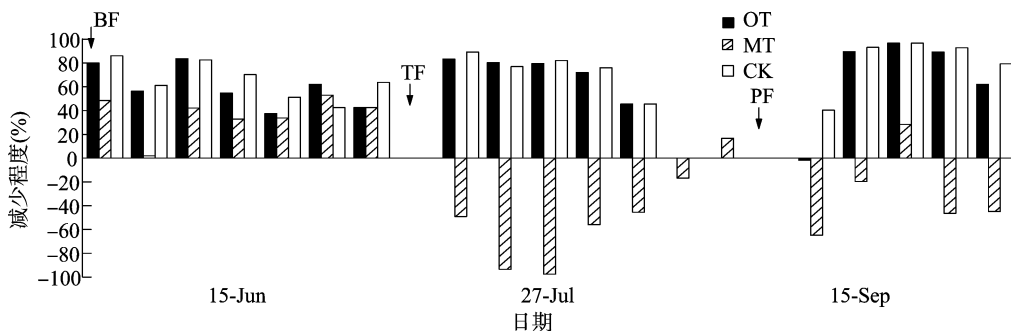
图3 不同施肥处理下稻田表面氨挥发通量

由图4可见,在分蘖肥施入稻田后当天出现了氨挥发的峰值,MT最高,CT次之,OT和CK最低。但氨挥发速率明显低于基肥时期,在施肥后第4天就趋于稳定。主要是因为分蘖期是在7月下旬,田间温度较高,微生物活动剧烈,加速了氨挥发进程。同时在这一时期,混施肥处理的氨挥发速率略微高于化肥处理的氨挥发速率,可能是由于MT中追肥的量与CT相等,并且MT中的有机氮缓慢矿化,造成氨气释放比

施入肥料后,不同施肥处理的氨挥发通量均会明显增强,峰值出现在施肥后的1~3 d内,后呈现逐步下降1周后至平稳的相似趋势。有机肥处理的氨挥发速率明显低于化肥处理和混施肥处理。由图3可以看出,与CT相比,OT能够明显减少57%左右的氨挥发量,在分蘖期和抽穗期则没有明显降低。

基肥施入稻田之后1 d内,氨挥发明显增强,各处理的氨挥发速率均达到最大值,其中CT为 $5.94 \text{ kg}/(\text{hm}^2 \cdot \text{d})$,MT为 $3.06 \text{ kg}/(\text{hm}^2 \cdot \text{d})$,OT为 $1.19 \text{ kg}/(\text{hm}^2 \cdot \text{d})$ 。第2天氨挥发急速下降后缓慢回升,最终降至平稳状态。施入基肥后第2天氨挥发通量急剧下降,第3天后基本维持在平稳状态,与宋勇生等的研究^[18]有所差别,分析其原因,基肥施用后上海地区发生了特大暴雨,稻田产生了大量径流,因而田面水铵态氮浓度降低,直接影响了氨挥发量^[19-20]。降水减缓后,氨挥发速率缓慢回升,于施肥后第4天开始逐渐降低。在这一时期,整体氨挥发通量较高,主要原因在于基肥施氮比例最高^[21]。

CT多^[22],且化肥处理的水稻植株长势较好,对田面产生了一定的遮蔽作用,从而使化肥处理的氨挥发低于混施肥处理的氨挥发^[18]。在穗肥施入稻田后,氨挥发高峰较分蘖肥时期迟,出现在施肥后第3天,且下降速率明显较分蘖时期缓慢,9月14日的氨挥发通量明显下降,可能由于在当天进行了灌水,导致了田面水铵态氮浓度的降低,从而影响了氨挥发的速率。因此,施肥后5~7 d内是控制稻田氨挥发损失的关键时期^[23]。



不同施肥处理,以CT处理为对照;减少程度(RD)=[氨挥发通量(CT)-氨挥发通量(X)]/氨挥发通量(CT), X=CK、MT、OT;BF—基肥;TF—分蘖肥;PF—穗肥

图4 不同施肥处理对稻田表面氨挥发的减少程度

2.2 不同施肥处理稻田氨挥发损失量

2017年稻田3次施肥后的氨挥发量见表3,氨挥发总量为取样时间内氨挥发通量对时间的积累。各处理的氨挥发总量为 $20.32 \sim 55.96 \text{ kg}/\text{hm}^2$,这与以往研究结果^[18,23]相比偏低。原因是基肥和穗肥施入后以低温多雨天气为主。蔡贵信

指出,稻田氨挥发主要决定于天气状况^[19],而且在分蘖肥施入后进行了多次灌水,田间农事操作也会影响稻田氨挥发。

从损失量来看,3种处理都是基肥>穗肥>分蘖肥,氨挥发量均在分蘖期呈现最低水平,分别为CK $3.52 \text{ kg}/\text{hm}^2$ 、CT $5.73 \text{ kg}/\text{hm}^2$ 、MT $7.12 \text{ kg}/\text{hm}^2$ 、OT $3.58 \text{ kg}/\text{hm}^2$ 。虽然分蘖期

表 3 不同施肥处理的稻田氨挥发量

处理	氨挥发量(kg/hm ²)			
	基肥	分蘖肥	穗肥	总氨挥发量
CK	13.13 ± 2.63c	3.52 ± 0.05a	3.68 ± 0.81b	20.32 ± 1.96b
CT	40.02 ± 2.60a	5.73 ± 0.79a	10.20 ± 1.97a	55.96 ± 3.57a
MT	23.26 ± 2.63b	7.12 ± 2.79a	14.24 ± 3.02a	44.63 ± 8.34a
OT	19.55 ± 2.22bc	3.58 ± 0.03a	4.09 ± 0.30b	27.22 ± 2.07b

注:同列数据后不同小写字母表示在 0.05 水平上差异显著。表 7 同。

的田间温度最高,但是氨挥发最显著的 7 d 内,分别在 7 月 23 日、7 月 25 日、7 月 26 日进行了灌水,这样的农事操作会明显降低田面水铵态氮浓度(图 4),直接导致氨挥发量的极速下降,造成了与朱兆良等的研究结果^[24]有所不同。上述结果表明,氨挥发随气候条件(温度、降水、风速等)以及农事操作(灌水以及施肥方式等)的不同而有所变化^[25-26]。氨挥发量在基肥期呈现最高水平,这是由于基肥期施肥量最大,这与人研究氨挥发量与施肥量呈正相关的理论^[27]相符合。CT 氨挥发总量达到了 55.96 kg/hm²,与 CT 相比,OT 显著降低了 51.4% 的氨挥发量。从表 3 来看,CT 和 MT 总氨挥发量是没有显著差异的,但基肥施用后 MT 减少了氨挥发的量。

如表 4 所示,从损失率角度来看,各施肥处理总氨挥发率为 2.30% ~ 11.88%。即使同一处理同一时期的氨挥发量最

大,但氨挥发损失率不一定是最大的,例如,在 MT 处理当中,在基肥时期损失量最大,但在穗肥时期氨会发率最高。总氨挥发率是 CT 处理最大,为 11.88%,而 MT 处理为 8.10%,OT 处理仅为 2.30%。

表 4 不同施肥处理的稻田氨挥发率

处理	氨挥发率(%)			
	基肥	分蘖肥	穗肥	总挥发率
CK	—	—	—	—
CT	15.0	3.7	10.9	11.88
MT	5.6	6.0	17.6	8.10
OT	3.6	0.1	0.7	2.30

2.3 稻田氨挥发的影响因素

分析图 5 可以看出,氨挥发通量的变化与田面水 NH₄⁺ - N 浓度的变化趋势是一致的,基肥时期和分蘖肥时期,都是在施肥后第 1 天就达到了峰值,而穗肥期则在第 3 天达到峰值。基肥时期田面水铵态氮浓度在第 2 天显著下降,这与暴雨天气是相关的。穗肥时期田面水铵态氮浓度则是先上升后下降的趋势。各处理水稻田面水 NH₄⁺ - N 浓度在 3 ~ 4 d 时接近空白水平。NH₄⁺ - N 是氨挥发的底物,其浓度的高低就决定着氨挥发的程度,即在施肥后 4 d 内,可能发生较多的氨挥发,此后氨挥发的损失可能较小,这与王小治等的研究成果^[4,28-29]是一致的。

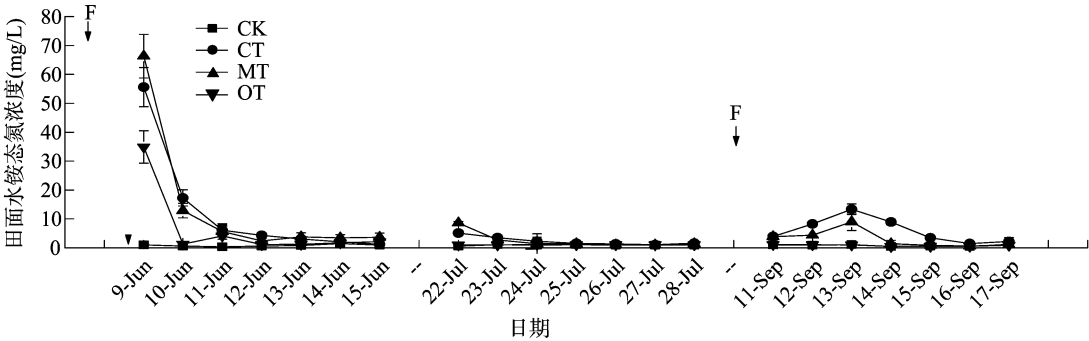


图 5 不同施肥处理水稻田面水 NH₄⁺-N 浓度的变化

如表 5 所示,除 OT 处理分蘖肥期外,稻田的氨挥发量均与田面水 NH₄⁺ - N 浓度呈现正相关关系,其中,除 OT 处理孕穗期两者相关系数未达到显著水平,其余均达到显著水平甚至极显著水平,*r* 值为 0.818 ~ 0.982。这与杨林章等的研

究结果^[29]相一致。其中,CT 处理分蘖肥期的相关性最好。由此说明,田面水 NH₄⁺ - N 浓度是影响氨挥发的极其重要的因素。选用合适的施肥方式可降低施肥后田面水 NH₄⁺ - N 浓度,有利于减少氨挥发损失。

表 5 不同施肥处理稻田氨挥发量与田面水 NH₄⁺ - N 浓度相关性分析

处理	基肥期		分蘖肥期		穗肥期	
	相关方程	<i>r</i>	相关方程	<i>r</i>	相关方程	<i>r</i>
CT	$y = 10.19x - 6.024$	0.957 **	$y = 3.569x + 0.862$	0.982 **	$y = 6.361x + 1.998$	0.846 *
MT	$y = 24.77x - 13.07$	0.971 **	$y = 3.383x + 0.193$	0.818 *	$y = 5.849x - 1.108$	0.866 *
OT	$y = 40.03x - 15.90$	0.926 **	$y = -0.875x + 1.134$	-0.916 **	$y = 0.529x + 0.692$	0.489

注:**表示差异达 1% 显著水平,*表示差异达 5% 显著水平。表 6 同。

如图 6 所示,氨挥发速率和田间温度在变化趋势上是相似的。在实际生产的过程中,田间环境不只存在温度 1 个制约因素,还有降水和风的影响^[30],例如 6 月 10 日气温较 6 月 9 日气温仅下降 1.7 ℃,但是氨挥发速率却急速下降,就是由于暴雨造成的。在施入穗肥后的第 4 天,温度升高,但是进行了灌水,降低了田面水铵态氮浓度,3 个处理的氨挥发量均开始下降。这几点在表 6 的相关性分析中可以体现出来,只有

在基肥期,CT 处理和 MT 处理的氨挥发速率与温度有显著的相关关系,其他时期的 3 种处理均未显示出显著的相关性。

2.4 不同施肥处理的水稻产量

从表 7 可以看出,各处理实际产量为混施肥处理(MT) > 化肥处理(CT) > 有机肥处理(OT) > 空白处理(CK),MT、CT、OT 与 CK 相比较分别显著提高了 70.55%、60.73%、51.81% 的产量。OT 产量相对较低,主要是因水稻移栽后温

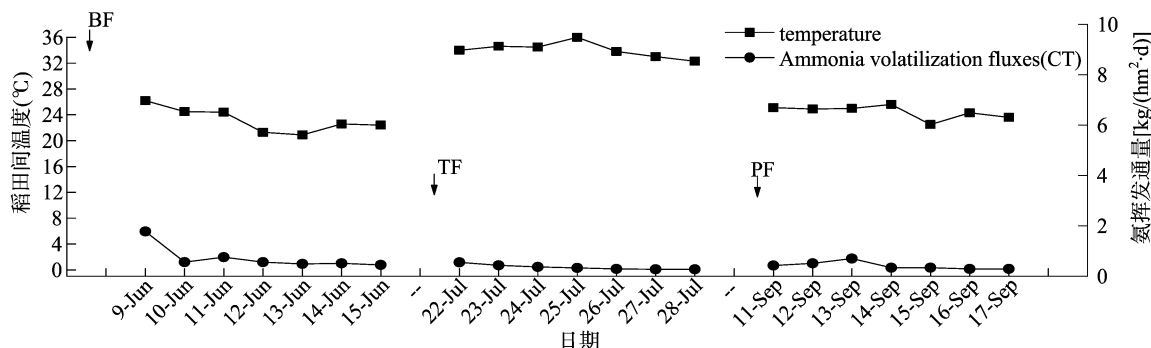


图6 稻田田间温度

表 6 不同施肥处理稻田氨挥发量与田间温度相关性分析

处理	施肥期	与温度的相关系数 <i>r</i>
CT	BF	0.769 *
	TF	0.318
	PF	0.406
MT	BF	0.818 *
	TF	0.376
	PF	0.489
OT	BF	0.530
	TF	0.202
	PF	0.180

度较高,大量有机肥施入土壤后迅速分解,导致土壤极度还原条件,严重影响根系发育和水稻分蘖,使水稻有效穗显著降低^[12,31]。以上结果表明,MT 处理与其他处理相比,有明显的增产趋势。

3 结论

施肥会增加稻田系统氨挥发损失,施用化肥和混施肥氨挥发量较高,单施有机肥处理的挥发量较少。化肥处理的氨挥发损失为施氮量的 11.88%,而混施肥处理和有机肥处理氨挥发损失仅分别为 8.10% 和 2.30%。混施肥处理增产效果显著,分别比空白处理、化肥处理和有机肥处理的产量提高

表 7 不同施肥处理的水稻产量及其构成因素

处理	株高 (cm)	穗粒数		结实率 (%)	千粒质量 (g)	产量(kg/hm ²)		增产率 (%)
		总数	结实			理论产量	实际产量	
CK	72.33a	171.30	142.50	83.19	29.57a	4 775.02	3 898.66a	—
CT	83.67b	121.67	99.30	81.61	27.63b	7 399.63	6 266.36b	60.73
MT	80.33b	151.40	117.10	77.34	28.65a	8 018.24	6 649.23c	70.55
OT	82.67b	203.65	165.95	81.49	29.25a	6 941.27	5 918.55d	51.81

了 70.55%、6.11% 和 12.35%。水稻田面水 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 浓度是影响氨挥发的最主要因素,选用合适的施肥方式可降低施肥后田面水 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 浓度,有利于减少氨挥发损失。

综上所述,化肥与有机肥结合的施肥处理在确保水稻产量的前提下,降低了稻田氮素损失,提高了经济和生态效益,是一种值得推广的稻田优化施肥方式。

参考文献:

[1] Guo M C, Chen X H, Bai Z H, et al. How China's nitrogen footprint of food has changed from 1961 to 2010[J]. Environmental Research Letters, 2017, 12(10): 1-11.

[2] 武 良, 张卫峰, 陈新平, 等. 中国农田氮肥投入和生产效率[J]. 中国土壤与肥料, 2016(4): 76-83.

[3] 朱兆良. 中国土壤氮素研究[J]. 土壤学报, 2008, 45(5): 778-783.

[4] 王小治, 朱建国, 宝川靖和, 等. 施用尿素稻田表层水氮素的动态变化及模式表征[J]. 农业环境科学学报, 2004(5): 852-856.

[5] 田 艳, 马友华, 胡宏祥, 等. 农田土壤中氮的环境指标研究[J]. 中国农学通报, 2017(7): 142-147.

[6] Zhu Z L, Chen D L. Nitrogen fertilizer use in China — Contributions to food production, impacts on the environment and best management strategies[J]. Nutrient Cycling in Agroecosystems, 2002, 63(2/3): 117-127.

[7] 宋勇生, 范晓晖. 稻田氨挥发研究进展[J]. 生态环境, 2003, 12

(2): 240-244.

[8] 沈善敏. 氮肥在中国农业发展中的贡献和农业中氮的损失 [C]//《氮素循环与农业和环境》专辑——氮素循环与农业和环境学术讨论会论文集. 南京: 中国土壤学会, 2001.

[9] 高 健, 张岳舫, 王淑兰, 等. 北京 2011 年 10 月连续灰霾过程的特征与成因初探[J]. 环境科学研究, 2012(11): 1201-1207.

[10] Hayashi K, Nishimura S, Yagi K. Ammonia volatilization from a paddy field following applications of urea; rice plants are both an absorber and an emitter for atmospheric ammonia[J]. Science of the Total Environment, 2008, 390(2/3): 485-494.

[11] 敖玉琴, 张 维, 田玉华, 等. 脲胺氮肥对太湖地区稻田氨挥发及氮肥利用率的影响[J]. 土壤, 2016(2): 248-253.

[12] 李菊梅, 徐明岗, 秦道珠, 等. 有机肥无机肥配施对稻田氨挥发和水稻产量的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2005, 11(1): 51-56.

[13] 俞映琼, 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(8): 1682-1689.

[14] Xu J G, Heeraman D A, Wang Y. Fertilizer and temperature effects on urea hydrolysis in undisturbed soil[J]. Biology & Fertility of Soils, 1993, 16(1): 63-65.

[15] 侯朋福, 薛利祥, 俞映琼, 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(12): 5326-5332.

[16] 朱 坚, 彭 华, 李尝君, 等. 生石灰施用增加了酸性双季稻田氮素氨挥发损失[J]. 湖南农业科学, 2017(7): 32-36.

刘后平,王雪梅,邓浩月. 供给侧结构性改革下的国产大豆供给问题研究[J]. 江苏农业科学,2019,47(17):318-323.

doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2019.17.075

供给侧结构性改革下的国产大豆供给问题研究

刘后平,王雪梅,邓浩月

(成都理工大学商学院,四川成都 610059)

摘要:当前我国已成为世界上最大的大豆进口国,大豆进口量逐年增加,国产大豆市场萎缩,对我国粮食安全构成较大威胁。在农业供给侧结构性改革的背景下,笔者首先从理论角度对引起大豆供需变化的原因进行深入探讨,然后结合现实需求分析引起大豆供给变化的因素,在此基础上,选取库存消费比、大豆种植面积变化率、乡村人口变化率、农业机械总动力变化率、进口大豆国内市场占有率等相关变量,通过建立向量自回归(VAR)模型,运用脉冲响应函数和方差分解法,实证分析影响大豆供给的各因素。结果表明,在影响大豆供给的诸多因素中,种植面积的减少、劳动力短缺、机械化程度低、进口冲击是国产大豆绝对供给不足的主要原因,而产需错配导致了国产大豆相对供给不足。精确把握各因素的影响程度以及影响方向,进一步深化我国大豆供给的结构性改革,提高国产大豆自给率,是解决我国大豆供给问题的关键。

关键词:供给侧改革;大豆供给;大豆需求;影响因素

中图分类号: F326.12 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2019)17-0318-06

我国最早提出供给侧改革是在 2015 年 11 月的中央财经领导小组第 11 次会议上,会议提出,在适度扩大总需求的同时,着力加强供给侧结构性改革。2015 年 12 月召开的中央农村工作会议提出,着力加强农业供给侧结构性改革,提高农业供给体系质量和效率,真正形成结构合理、保障有力的农产

收稿日期:2018-05-08

基金项目:国家社会科学基金西部项目(编号:12XJY018);四川省社会科学“十三五”规划 2017 年度项目(编号:SC17B10);四川省统计局四川经济结构性改革系列研究专项(编号:2016JGX24);成都理工大学“乡村产业振兴研究中心”项目(编号:YJ2017-JD005)。作者简介:刘后平(1966—),男,重庆巫溪人,硕士,教授,硕士生导师,研究方向为农村经济。E-mail:lh0622005@163.com。

品有效供给。2016 年中央一号文件进一步提出,推进农业供给侧结构性改革,加快转变农业发展方式,保持农业稳定发展和农民持续增收。2017 年中央一号文件明确指出,农业的主要矛盾由总量不足转变为结构性矛盾,突出表现为阶段性供过于求和供给不足并存,矛盾的主要方面在供给侧。2017 年我国大豆产量 1 494 万 t,进口大豆 9 554 万 t,大豆进口量连续 14 年增长,全球超过 60% 的贸易大豆都是由我国进口,对美国大豆的依存度高达 85%^[1]。随着全球贸易保护主义的抬头,中美贸易摩擦日趋激烈,大豆供给国际依存度的急剧上升使得我国的粮食安全面临较大的危机。

针对大豆供给问题,我国学者从价格、机械化、供给侧、需求侧、政策等方面进行了诸多研究。姜长云等通过研究给出

[17] 赵方杰. 洛桑试验站的长期定位试验:简介及体会[J]. 南京农业大学学报,2012,35(5):147-153.

[18] 宋男生,范晓晖,林德喜,等. 太湖地区稻田氨挥发及影响因素的研究[J]. 土壤学报,2004,41(2):265-269.

[19] 蔡贵信. 农田中氮肥的氨挥发[C]//《氮素循环与农业和环境》专辑——氮素循环与农业和环境学术讨论会论文集. 南京:中国土壤学会,2001.

[20] Natri A, Toderi G, Bernati E, et al. Ammonia volatilization and yield response from urea applied to wheat with urease (NBPT) and nitrification (DCD) inhibitors[J]. Agrochimica, 2000, 44(5/6): 231-239.

[21] 曹金留,田光明,任立涛,等. 江苏南部地区稻麦两熟土壤中尿素的氨挥发损失[J]. 南京农业大学学报,2000(4):51-54.

[22] 李艳,唐良梁,陈义,等. 施氮量对水稻氮素吸收、利用及损失的影响[J]. 土壤通报,2015,46(2):392-397.

[23] Cao Y S, Tian Y H, Yin B, et al. Assessment of ammonia volatilization from paddy fields under crop management practices aimed to increase grain yield and N efficiency[J]. Field Crops Research, 2013, 147(3):23-31.

[24] 朱兆良. 稻田土壤中氮素的转化与氮肥的合理施用[J]. 化学通报,1994(9):15-17.

[25] 马资厚,薛利红,潘复燕,等. 太湖流域稻田对 3 种低污染水氮的消纳利用及化肥减量效果[J]. 生态与农村环境学报,2016(4):570-576.

[26] 薛欣欣,吴小平,张永发,等. 控失尿素对稻田氨挥发、氮素转运及利用效率的影响[J]. 应用生态学报,2018(1):133-140.

[27] 赵冬,颜廷梅,乔俊,等. 太湖地区稻田氮素损失特征及环境效应分析[J]. 生态环境学报,2012(6):1149-1154.

[28] 苏成国,尹斌,朱兆良,等. 稻田氮肥的氨挥发损失与稻季大气氮的湿沉降[J]. 应用生态学报,2003(11):1884-1888.

[29] 徐珊珊,侯朋福,范立慧,等. 生活污水灌溉对麦秸还田稻田氨挥发排放的影响[J]. 环境科学,2016(10):3963-3970.

[30] 陈园,房效凤,沈根祥,等. 太湖流域典型稻田大气氨排放特征及其影响因子[J]. 浙江农业学报,2017,29(1):119-128.

[31] 徐明岗,邹长明,秦道珠,等. 有机无机肥配合施用下的稻田氮素转化与利用[C]//《氮素循环与农业和环境》专辑——氮素循环与农业和环境学术讨论会论文集. 南京:中国土壤学会,2001.