

秸秆填埋对水稻土表层水三氮动态的影响

李凤博^{1,2}, 牛永志^{1,3}, 刘金根^{1,4}, 卞新民¹, 章秀福²

(1.南京农业大学农学院, 江苏 南京 210095; 2.中国水稻研究所, 浙江 杭州 310006; 3.玉溪中烟种子有限责任公司, 云南 玉溪 653100; 4.南京林业大学, 江苏 南京 210037)

摘要:采用盆栽试验方法研究了秸秆填埋对水稻土表层水三氮动态变化的影响。结果表明,施肥后,表层水总氮、铵态氮浓度迅速增加;随着时间的推移,表层水氮素浓度下降较快。全氮在施肥后第1 d达到峰值,铵态氮在施肥后第2 d达到高峰,施肥后7 d氮素含量基本与施肥前水平一致。秸秆还田有效地降低了水稻土表层水氮素含量,秸秆深埋处理有利于土壤对氮素吸收,使氮素的流失几率降低(DS处理比N处理表层水全氮浓度平均低10.2%),流失潜能趋势大大减小。结果显示,施肥后1周内是控制表层水氮素流失的关键时期。

关键词:秸秆填埋;全氮;铵态氮;硝态氮

中图分类号:X522 **文献标志码:**A **文章编号:**1672-2043(2009)03-0513-05

Effect of Straw Return with Landfill on Nitrogen Dynamics in Surface Water of Paddy Soil: An Outdoor Pot Experiment

LI Feng-bo^{1,2}, NIU Yong-zhi^{1,3}, LIU Jin-gen^{1,4}, BIAN Xin-min¹, ZHANG Xiu-fu²

(1.College of Agriculture, Nanjing Agriculture University, Nanjing 210095, China; 2.China National Rice Research Institution, Hangzhou 310006, China; 3.Yuxi Zhongyan Tobacco Seed Co. Ltd., Yuxi 653100, China; 4.Nanjing Forestry University, Nanjing 210037, China)

Abstract: An outdoor pot experiment was conducted to elucidate nitrogen dynamic characteristics in surface water of paddy soil with straw return with landfill. The results showed that the concentration of ammoniacal nitrogen (NH_4^+-N) and total nitrogen (TN) in surface water sharply increased, reached its peak at the 1st and 2nd day, respectively after compound fertilizer application, and subsequently, both declined rapidly. While the concentration of NO_3^--N was very low, though, with a little raise at the 3rd day after compound fertilizer application. The treatment with straw return with surface application effectively decreased nitrogen concentration in surface water of paddy soil; while straw return as deep landfill reinforced the retention of nitrogen in paddy soil, and reduced nitrogen loss (total nitrogen concentration of straw return with deep landfill in surface water was lower than that in no-straw treatment by 10.2%). Therefore, it might be reasonable that total nitrogen (TN) and ammonia nitrogen (NH_4^+-N) in 0~4 days after fertilizer application were taken as two key environmental monitoring indexes. The results also showed it would be important to control massive N loss from flooded paddy field within one week after fertilizer application.

Keywords: straw return with landfill; total nitrogen; ammoniacal nitrogen; nitrate nitrogen

随着农业生产水平的提高,尤其近年来过量使用化肥,造成的水体富营养化已引起广泛关注^[1-7],而农业面源污染主要由农田氮素的损失或流失造成^[8]。氮肥施用后部分被植物吸收,大部分通过挥发^[9]、土壤矿化、反硝化作用、径流和淋失等途径损失^[6]。已有研究

表明,氮肥的当季利用率仅有30%~40%^[10],而37%~82%氮素是通过表层水流失^[11],还有部分氮素进入到大气和水环境,不仅造成肥料和能源浪费,而且给环境带来了巨大的影响^[12]。目前,每日秸秆产量高达万吨,大量秸秆被付之一炬,不仅浪费了资源、污染了环境,而且对土壤的生态系统造成不利的影响^[13]。因此,秸秆还田可减少秸秆对环境的污染。小麦秸秆还田研究表明,小麦秸秆还田后氮的释放比较慢,还田3个月,翻埋处理麦秸氮释放23.88%,秸秆直接覆盖处理释放10.75%^[14]。

当前大部分研究集中在不同施肥量和不同肥料

收稿日期:2008-05-25

基金项目:科技部重大专项(2004BA520A14C4);国家自然科学基金项目(30571094)

作者简介:李凤博(1982—),女,山东聊城人,硕士研究生,主要从事农作物耕作制度和农业生态方面研究。E-mail:fb11219@163.com

通讯作者:卞新民

对稻田水层氮素动态的影响上,而对施肥后小麦秸秆还田对水稻土表层水三氮动态影响的研究较少。本文通过盆栽模拟试验研究了秸秆是否还田结合两种填埋深度在施用分蘖肥后对水稻土表层水氮素动态变化,旨在了解在施肥后,秸秆还田和还田深度对水稻土表层水氮素变化特点和对环境的影响,进一步为大田秸秆还田提供依据。

1 材料与方法

1.1 实验设计

本试验于 2006 年 5—11 月在南京农业大学网室采用盆栽进行,土壤采自南京市某农田耕层土。供试土壤为粘壤土。肥力如表 1 所示,供试水稻品种为武粳 13 号。设计土壤无扰动(N)和翻土 20 cm(D)两种方式 and 有无秸秆还田(S)2 个水平,4 个处理,3 次重复,共计 12 盆盆栽试验。

试验容器采用直径为 30 cm、高为 30 cm 的水桶,小麦秸秆用粉碎机粉碎,过 18 目筛后备用。土壤风干,粉碎、过筛后备用。每桶加入 18 kg 干土,11 g 复合肥(N:P:K=12:6:7,下同),有秸秆处理,每桶加入 60 g 秸秆。土壤无扰动处理下部 19~20 cm 土层用硬物砸实,将粉碎的秸秆(全氮含量为 0.84%)和复合肥于上部土壤混匀于 2~3 cm 土层;翻土处理把秸秆和复合肥分布于全部土层中(下部多、上部少,模拟翻耕)。7 月 7 号施用分蘖肥,8 月 10 号施用孕穗肥。

采用直播方式每桶播种 40 粒,在 4 叶期间苗,每桶保留 20 株。分蘖期每桶施用 3.5 g 复合肥和孕穗期每桶施用 1 g 尿素,桶中水层始终保持同一高度(除烤田期外)。

1.2 取样测定方法

施用分蘖肥之前(7 月 7 号)取水样,分蘖肥后按照第 1 d(7 月 8 号)、第 2 d(7 月 9 号)、第 3 d(7 月 10 号)、第 4 d(7 月 11 号)、第 7 d(7 月 14 号)和第 33 d(8 月 9 号)即施用孕穗肥前,分别取样进行测定。

每次取样前灌水,使每桶水面高度相同后取样。取样采用 20 mL 注射器,每桶采用 5 点取样法取样,水样储存于 100 mL 聚乙烯瓶中,带回实验室储存于 4 ℃冰箱中,立即测定。稻田水铵态氮和硝态氮含量采用流动分析仪 AA3 测定,稻田水全氮和全磷分别

采用过硫酸钾氧化-紫外分光光度计法和过硫酸钾氧化消解-钼锑抗分光光度计法测定。

1.3 数据分析方法

试验所获得数据采用 Excel 2003 进行初步整理、分析和绘制图表,统计分析运用软件 SPSS 13.0。

2 结果与分析

2.1 施用分蘖肥后水稻土表层水不同形态氮浓度的动态变化

2.1.1 全氮浓度变化动态分析

施肥后第 1 d 水稻土表层水全氮含量均达到最大值(表 2),其后随着时间的推移呈迅速下降趋势,第 7 d 到施用孕穗肥前趋于平缓,且处理之间全氮含量差别不大,第 7 d 到第 33 d 下降幅度仅为 9.22~11.34 mg·L⁻¹。

表 2 水稻土表层水 TN 浓度变化动态(mg·L⁻¹)

Table 2 Dynamic change of TN concentration in surface water of paddy soil(mg·L⁻¹)

	7-Jul	8-Jul	9-Jul	11-Jul	14-Jul	9-Aug
N	1.53a	221.77a	94.11c	59.05a	12.50a	1.16a
D	1.47a	192.76ab	129.43a	40.88b	11.62a	1.25a
NS	2.73a	150.63c	77.08d	47.44b	12.25a	1.68a
DS	1.80a	180.11bc	103.19b	24.61c	10.74a	1.52a

注:数据后不同小写字母表示在 P<0.05 水平上差异显著,下同。

各处理水层全氮含量均在施肥后第 1 d 达到最大值。无秸秆还田处理比秸秆还田处理高了 12.65~71.14 mg·L⁻¹,说明秸秆还田降低水稻施肥后短期内较高的表面水总氮浓度,对减少径流损失、降低农田氮素面源污染风险十分有利。峰值后全氮含量迅速下降,秸秆还田处理下降较无秸秆处理缓慢,进一步说明秸秆还田还有利于氮肥的缓慢释放,减小氮素流失几率。

土壤扰动深度不同,表层水全氮含量存在较大差异。峰值时土壤无扰动处理全氮含量>翻土处理。秸秆翻埋处理>秸秆覆盖处理,这可能因为秸秆覆盖处理的秸秆集中在土壤表层,而秸秆深埋处理的秸秆上层分布较少,上层秸秆含量高吸附了部分氮素,利于水层全氮的缓慢释放。之后几天均呈下降趋势,施肥后第 2 d,土壤无扰动处理呈直线下降趋势,翻土处理到

表 1 供试土壤理化性状

Table 1 Physical-chemical properties of the experimental soil

有机质 Organic matter/%	全氮 Total N/%	有效磷 Available P/mg·kg ⁻¹	有效钾 Available K/mg·kg ⁻¹	pH
0.74	0.06	27.06	102.50	7.7

第3 d 水层全氮含量小于秸秆翻埋处理。7 d 以后全氮含量差异不大。说明施肥后7 d 是氮肥流失的关键时期,提高这一时期肥料的利用率对减少稻田氮素流失造成的农业面源污染具有重要意义。

2.1.2 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 浓度变化动态分析

研究结果(表3)显示,分蘖期施氮后表层水 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 含量迅速增加,追肥后第2 d 达到高峰,然后迅速下降,第7 d 达到施肥前水平。 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 峰值的出现比全氮晚1 d,因为肥料水解需要一定过程。转化的 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 很快被土壤吸收,因此峰值过后 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 含量迅速下降。

表3 水稻土表层水 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 浓度变化动态($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)

Table 3 Dynamic change of $\text{NH}_4^+\text{-N}$ concentration in surface water of paddy soil($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)

项目	7-Jul	8-Jul	9-Jul	11-Jul	14-Jul	9-Aug
N	0.31a	17.56b	54.30a	29.04a	0.82a	0.27a
D	0.32a	23.30a	42.50b	17.97bc	0.38a	0.35a
NS	0.57a	14.45c	41.50b	23.71ab	0.67a	0.36a
DS	0.34a	17.21b	31.50c	10.00c	0.42a	0.29a

秸秆还田处理分蘖期施氮后水层 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 含量增加较慢。第2 d 达到峰值,此时秸秆还田处理土壤无扰动和深翻处理表层水 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 含量分别比无秸秆处理低5.15%和7.05%。之后第4 d 秸秆还田处理 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 含量比无秸秆处理低,这可能因为秸秆还田后增加了土壤表层吸收的能力。

土壤扰动深度对水层 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 含量有显著影响。施肥后第1 d 和第2 d 两处理间差异达到显著水平(翻土处理水层 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 含量比无扰动处理平均高26.57%)。第3 d 后两者间的差异不显著。

2.1.3 硝态氮浓度变化动态分析

施肥后 $\text{NO}_3^-\text{-N}$ 含量呈现先下降后升高的趋势。 $\text{NO}_3^-\text{-N}$ 出现峰值的时间滞后于 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ (表4),可能因为 $\text{NO}_3^-\text{-N}$ 主要来自于 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 的硝化作用^[15]。由于时间短,最初硝态氮形成的量与反硝化作用的差值小,所以表层水中硝态氮的含量比较少;随着时间的

推移,硝化作用变得强烈,远远大于反硝化作用,致使硝态氮的含量在第3 d 达到最大;随后,虽然硝化作用仍然比较强烈,但是由于 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 和 TN 的含量迅速下降,导致表层水中的氮素含量下降。所以, $\text{NO}_3^-\text{-N}$ 的含量随之下降^[8]。从含量上来看,整个过程中 $\text{NO}_3^-\text{-N}$ 含量远远小于 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 含量。

秸秆还田后降低了表层水 $\text{NO}_3^-\text{-N}$ 含量,峰值时土壤无扰动和翻土秸秆还田处理分别比无秸秆处理降低了22%和21%。这可能是因为秸秆还田腐解耗氧,从而抑制了硝化作用助长了反硝化作用。土壤翻动深度对水层 $\text{NO}_3^-\text{-N}$ 含量有显著影响。施肥后第4 d 两处理间差异达到显著水平(翻土处理水层 $\text{NO}_3^-\text{-N}$ 含量比无扰动处理平均高14.76%)。施用孕穗肥前两者间的差异不显著。

2.2 铵态氮/全氮的动态变化特征

从图1可以看出,施肥后前2 d 土壤无扰动处理 $\text{NH}_4^+\text{-N}/\text{TN}$ 是增加的,第2 d 达到峰值,第4 d 开始迅速下降。这种趋势意味着在第4 d 以后,用 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 表征田面水相对的流失潜能的趋势较弱,这时应该以总氮作为监测的重点对象。而翻土处理第2 d 持续增长,到第4 d $\text{NH}_4^+\text{-N}/\text{TN}$ 达到峰值,这说明了翻土处理用 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 表征田面水相对流失潜能的趋势应把前4 d 作为重点调查时期。第4 d 后,以全氮作为重点监测对象。

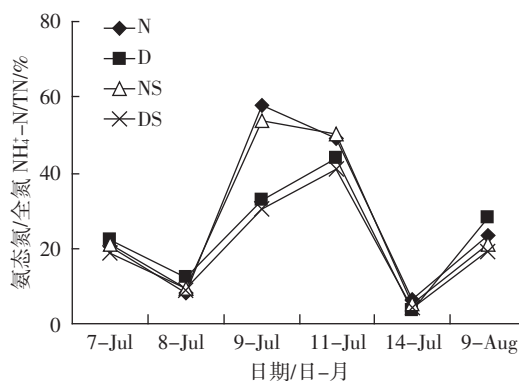


图1 水稻土表层水 $\text{NH}_4^+\text{-N}/\text{TN}$ 变化动态

Figure 1 Dynamic change of $\text{NH}_4^+\text{-N}/\text{TN}$ in surface water of paddy soil

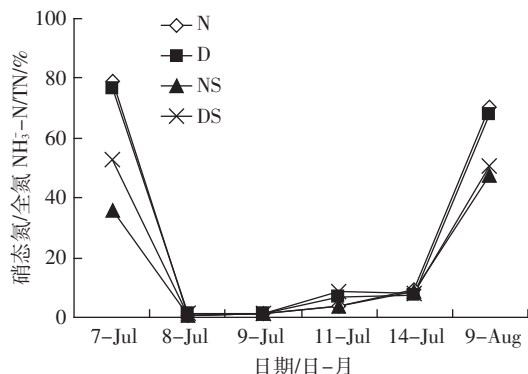
2.3 硝态氮/全氮的动态变化特征

图2表明,施肥后6 d $\text{NO}_3^-\text{-N}/\text{TN}$ 浓度很小,大多 <1 ,也说明硝态氮不是肥料转化的主要产物,硝态氮不能作为农田氮素流失的主要监测项目,但是可以作为辅助检测指标。第7 d 硝态氮比例基本恢复到施肥前水平,可能因为全氮含量较少,土壤中反硝化作

表4 水稻土表层水 $\text{NO}_3^-\text{-N}$ 浓度变化动态($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)

Table 4 Dynamic change of $\text{NO}_3^-\text{-N}$ concentration in surface water of paddy soil($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)

项目	7-Jul	8-Jul	9-Jul	11-Jul	14-Jul	9-Aug
N	1.21a	1.58b	1.44a	2.36b	1.15a	0.82a
D	1.13b	1.83a	1.41a	2.69a	0.88c	0.85a
NS	0.98c	1.29c	0.82c	1.84d	1.07b	0.79a
DS	0.94c	1.30c	1.00c	2.13c	0.87c	0.77a

图2 水稻土表层水 NO₃-N/TN 变化动态Figure 2 Dynamic change of NO₃-N/TN in surface water of paddy soil

用比较活跃。从图中还可以看出,秸秆填埋深度对施肥后 NO₃-N/TN 浓度影响不大。

2.4 两氮/全氮的动态变化特征

目前硝态氮和铵态氮是水质检测的主要指标,因此研究两种形态的氮素占全氮的比例和动态变化特征具有实际意义。研究结果表明(图3),施肥后2~4d两种形态的氮素占全氮的比例较高。这一时期作为施用分蘖肥后重点检测时期,秸秆还田后 NH₄⁺-N & NO₃⁻-N/TN 浓度降低了,且翻土处理明显小于土壤无扰动处理。

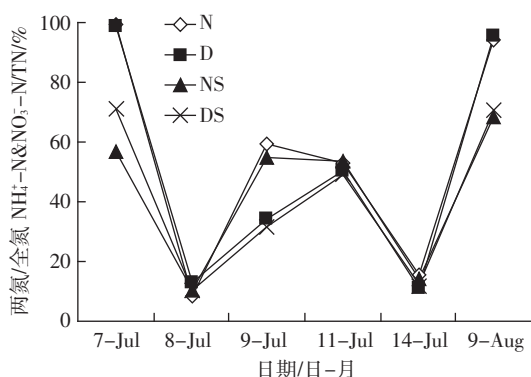


图3 水稻土表层水两氮/全氮变化动态

Figure 3 Dynamic change of NH₄⁺-N & NO₃⁻-N /TN in surface water of paddy soil

3 结论

研究结果显示,施用分蘖肥后第1d全氮含量达到峰值,铵态氮第2d达到峰值,硝态氮出现先下降后升高的趋势,第4d达到最大值,之后均出现迅速下降的趋势,7d后基本达到施肥前水平。因此,施肥后7d之内是防止水稻土表层水铵态氮、硝态氮、总氮大量流失的关键时期。

秸秆还田后有效地减少了水稻土表层水全氮、铵

态氮含量,降低了表层水氮素的流失几率。翻土处理降低了表层水氮素含量,从而降低了对水体污染的潜力。从控制面源污染的角度来看,秸秆深埋处理更有利于减少氮素的损失。

参考文献:

- [1] 赵国梁, 张申. 农田氮素淋失研究进展[J]. 土壤, 1998, 30(6): 291-297.
ZHAO Guo-liang, ZHANG Shen. The research headway of nitrogen leaching in farmland[J]. *Soils*, 1998, 30(6): 291-297.
- [2] 赵其国. 土壤与环境问题国际研究概况及其发展趋向——参加第16届国际土壤学会专题综述[J]. 土壤, 1998, 30(6): 281-290.
ZHAO Qi-guo. Reviews on the international research status and prospects on soil and environmental problems——special review after participation of 16th world congress of soil science[J]. *Soils*, 1998, 30(6): 281-290.
- [3] Mosier A R. Environmental challenges associated with needed increases in global nitrogen fixation[J]. *Nutrient Cycling in Agro-Ecosystem*, 2002 (63): 101-106.
- [4] 邢光熹, 施书莲, 杜丽娟, 等. 苏州地区水体氮污染状况 [J]. 土壤学报, 2001, 38(4): 540-546.
XING Guang-xi, SHI Shu-lian, DU Li-juan, et al. Situation of nitrogen pollution in water bodies in Suzhou[J]. *Acta Pedologica Sinica*, 2001, 38(4): 540-546.
- [5] 司友斌, 王慎强, 陈怀满. 农田氮、磷的流失与水体富营养化[J]. 土壤, 2000, 32(4): 188-193.
SI You-bin, WANG Shen-qiang, CHEN Huai-man. Nitrogen and phosphorus loss and water eutrophication in farmland[J]. *Soils*, 2000, 32(4): 188-193.
- [6] 朱兆良. 农田中氮肥的损失与对策[J]. 土壤与环境, 2000, 9(1): 1-6.
ZHU Zhao-liang. Loss of fertilizer N from plants-soil system and the strategies and techniques for its reduction[J]. *Soil and Environmental Sciences*, 2000, 9(1): 1-6.
- [7] Chen L D, Fu B J, Zhang S R, et al. A comparative study on nitrogen-concentration dynamics in surface water in a heterogeneous landscape[J]. *Environmental Geology*, 2002, 42: 424-432.
- [8] 王强, 杨京平, 陈俊, 等. 施氮后稻田水中三氮含量的变化特征及模拟[J]. 人民长江, 2004, 35(1): 43-45.
WANG Qiang, YANG Jing-ping, CHEN Jun, et al. Variation characteristics and modeling on three N concentration in paddy soil after fertilization[J]. *Yangtze River*, 2004, 35(1): 43-45.
- [9] 汪华, 杨京平, 金洁, 等. 不同氮素用量对高肥力稻田水稻-土壤-水体氮素变化及环境影响分析[J]. 水土保持学报, 2006, 20(1): 50-54.
WANG Hua, YANG Jing-ping, JIN Jie, et al. N variation in rice-soil-water system under different N application level in high-yielding paddy field and its environment effect[J]. *Journal of Soil and Water Conservation*, 2006, 20(1): 50-54.
- [10] 冯绍元, 郑耀泉. 农田氮素的转化与损失及其对水环境的影响[J]. 农业环境保护, 1997, 15(6): 277-279.

- FENG Shao-yuan, ZHENG Yao-quan. Transformations and losses of the agricultural nitrogen and its effects on water quality[J]. *Agro-Environmental Protection*, 1997, 15(6): 277-279.
- [11] Isermann K. Share of nitrogen and phosphorus emissions into the surface water of W. Europe against the background of their eutrophication[J]. *Fertiliser Research*. 1990, 26: 253-269.
- [12] 郑圣先, 刘德林, 聂 军, 等. 控释氮肥在淹水稻田土壤上的去向及利用率[J]. 植物营养与肥科学报. 2004, 10(2): 137-142.
- ZHENG Sheng-xian, LIU De-lin, NIE Jun, et al. Fate and recovery efficiency of controlled release nitrogen fertilizer in flooding paddy soil [J]. *Plant Nutrition and Fertilizer Science*, 2004, 10(2): 137-142.
- [13] 刘天学, 纪秀娥. 焚烧秸秆对土壤有机质和微生物的影响研究[J]. 土壤, 2003, 35(4): 347-348.
- LIU Tian-xue, JI Xiu-e. Effects of crop straw burning on soil organic matter and soil microbes[J]. *Soils*, 2003, 35(4): 347-348.
- [14] 陈尚洪, 朱钟麟, 吴 婕, 等. 紫色土丘陵区秸秆还田的腐解特征及对土壤肥力的影响[J]. 水土保持学报, 2006, 20(6): 141-144.
- CHEN Shang-hong, ZHU Zhong-lin, WU Jie, et al. Decomposition characteristics of straw return to soil and fertility in purple hilly region [J]. *Journal of Soil and Water Conservation*, 2006, 20(6): 141-144.
- [15] 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. 2005, 23(5): 852-856.
- WANG Xiao-zhi, ZHU Jian-guo, BAO CHUAN Jing-he, et al. Dynamic changes and modeling of nitrogen in paddy field surface water after application with different doses of urea[J]. *Journal of Agro-Environment Science*, 2005, 23(5): 852-856.

“第三届全国农业环境科学学术研讨会” 征文通知

第三届全国农业环境科学学术研讨会拟于 2009 年 10 月中旬在天津召开。大会将对我国近年来农业环境科学各个领域的最新研究成果进行交流,现将有关征文等事项通知如下:

一、论文征集范围

- (1)农业面源污染与控制:农用化学品、畜禽养殖、水体环境等方面;
- (2)土壤污染与修复:重金属、有机及无机、放射性污染等土壤的修复理论与技术;污染物在区域土壤中的空间变异规律研究;农业环境污染监测与农田环境污染风险评价;农业环境污染监控与预警的新技术等;
- (3)污染生态过程及控制:环境污染物在植物、畜禽、水产、微生物等方面的迁移转化过程的研究及其控制。
- (4)农药残留:农药科学使用及安全性评价、残留快速测定技术的研究及应用等;
- (5)固废处理及资源化:农业有机固体废物、秸秆、畜禽粪便等处理及资源化利用;
- (6)全球气候变化与农作物适应性调整;
- (7)其他有关农业环境科学领域(如农业环境影响评价、水土保持等等)的新理论、新技术及新方法研究。

二、论文要求

- (1)论文应是未公开发表或未在全国性学术会议上交流的学术论文;
- (2)论文请用 Word 格式录入,并通过网上投稿,投稿前须严格审查,文责自负;
- (3)论文格式请按《农业环境科学学报》征稿简则的要求撰写;
- (4)截稿日期:2009 年 9 月 10 日;
- (5)投稿邮箱:E-mail:caep@vip.163.com (来稿请务必注明“学术会议论文”)。

审阅合格的论文编入《第三届全国农业环境科学学术研讨会论文集》,入选 CNKI《中国重要会议论文全文数据库》。此次收录的论文均可公开发表(本着作者自愿,版面费自理),研讨会上评选的优秀会议论文将集中刊登在《农业环境科学学报》正刊上,其他论文可刊登在《农业环境科学学报》增刊上。

三、会议详细事宜可在中国农业生态环境保护协会网站上、《农业环境科学学报》等相关网站上查询。拟参加会议交流者可将会议回执表在 2009 年 8 月 30 日前寄至《农业环境科学学报》编辑部,以便寄发第二轮通知。

四、联系方式

通讯地址:300191 天津市南开区复康路 31 号 《农业环境科学学报》编辑部

联系人:李无双 潘淑君

电话:022-23674336 022-23006209 13920028209(潘淑君)

传真:022-23006209 E-mail:caep@vip.163.com <http://www.aes.org.cn>