

垄作覆膜条件下冬小麦田的氮挥发研究

上官宇先,师日鹏,韩 坤,王林权

(西北农林科技大学资源环境学院,陕西 杨凌 712100)

摘 要: 为了解垄作覆膜下氮挥发特点,采用密闭法研究了垄作覆膜条件下冬小麦田间氮挥发的动态过程,并结合室内模拟比较了覆膜和氮肥深施对氮挥发的影响。大田实验结果表明,垄作覆膜处理可显著减少田间氮挥发。垄作覆膜 180 kg N/hm² 和 240 kg N/hm² 处理下的氮挥发量分别为: 1.9 ± 0.2 kg N/hm² 和 2.4 ± 0.7 kg N/hm²,而平作 180 kg N/hm² 处理下的氮挥发总量为 4.3 ± 0.8 kg N/hm²。垄作覆膜比平作 180 kg N/hm² 氮挥发量减少了 56.3% 和 43%。氮挥发造成的氮肥损失由 1.6% 降低到了 0.2% ~ 0.4%。氮挥发主要出现在播种后的一个月内;返青后大大降低。越冬期前氮挥发累积量符合 Elovich 动力学方程,而返青期后的氮挥发累积动态过程趋近于直线。覆膜和垄下施肥均有降低氮挥发作用,室内模拟结果表明垄下施肥对氮挥发的消减效应大于地表覆膜。

关键词: 氮挥发;氮肥;垄作覆膜;冬小麦

中图分类号: S153.6 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-7601(2011)05-0163-06

石灰性土壤的氮挥发是氮素损失的重要途径之一,相当于氮素总损失量的 20% ~ 71%^[1]。进入大气的氮可随着干湿沉降重新进入农田或生态系统,引起自然水体氮素含量升高,产生富营养化;还可形成酸雨,使土壤酸化,造成森林退化和生物多样性下降^[2,3]。农业施肥活动中产生的 NH₃ 损失是大气中 NH₃ 的重要来源之一,其损失量占施氮量的 0.41% ~ 40%^[4]。联合国粮农组织 FAO(2001)报告,全球每年来自氮肥的氮挥发损失达 1 100 万 t,占当年施 N 量的 14%,其中 97% 来自发展中国家^[5]。

我国干旱半干旱区面积约占国土总面积的 51%,据水利部 2010 年统计 1.2 亿 hm² 耕地中没有灌溉条件的旱地约占 52%,自然降水是该区旱地农业生产的唯一水分来源。而 60% ~ 70% 的降水以地表径流和无效蒸发的方式损失,降水利用效率仅为 3 ~ 6 kg/(mm·hm²),农业生产力低而不稳^[6]。水分不足和管理不善是影响土壤氮素吸收利用、转化和损失的重要因素。

为了充分挖掘这一地区农田的生产潜力,将传统垄沟栽培技术与地膜覆盖技术结合的垄上覆膜技术显著提高了垄沟栽培的保墒、节水和增温等效应^[7],已在我国北方干旱半干旱麦区大面积推广应用。覆膜后可以促进农作物生长发育,减少土壤水分蒸发,大幅度提高土壤水分利用率^[8]。但垄作覆膜条件下的生态环境效应的研究,如气态氮挥发等鲜有报道。因此本试验的主要目的是研究垄作覆

膜,垄下施肥条件下氮挥发规律,为阐明垄沟覆膜栽培技术的生态环境效应提供依据。

1 材料与方法

1.1 试验地概况与供试材料

试验于 2009 年 10 月 ~ 2010 年 6 月在西北农林科技大学农作一站进行,该站位于黄土高原南部 (34°18'N, 108°04'E),属半湿润易旱区,降水主要集中在 7、8、9 三个月,年均降水量为 550 ~ 600 mm,海拔 524 m,年均气温 13℃,土壤类型为红油土,0 ~ 20 cm 土壤有机质和基本养分含量如下:有机质含量为 14.6 g/kg,碱解氮 34.6 mg/kg, pH 值为 8.0,速效磷 (P) 15.7 mg/kg,速效钾 (K) 189.8 mg/kg。供试冬小麦品种为小偃 22,氮肥为尿素 (N ≥ 46%),磷肥为过磷酸钙 (P₂O₅ ≥ 16%)。

1.2 试验设计

本试验采用旱作,设置 4 个处理:平作不施肥 (FP0),平作 180 kg N/hm² (FP180),垄作 180 kg N/hm² (RM180),垄作 240 kg N/hm² (RM240),播种量为 112.5 kg/hm²;为了减少人为灌水造成对土壤的扰动,各个小区均不灌水,平作不施肥小区不施磷肥,其余各小区磷肥处理相同,均为 120 kg P₂O₅/hm²。每个处理重复 3 次。2009 年 10 月 14 日播种,2010 年 6 月 10 日收获。

试验小区面积为 14.4 m² (3.6 m × 4 m),每小区 6 垄,垄的结构为:垄宽 30 cm,垄沟宽 30 cm,垄高 15

收稿日期:2011-03-10

基金项目:国家自然科学基金(30571085)资助

作者简介:上官宇先(1987—),男,河南三门峡人,硕士研究生,研究方向为农业温室气体排放。E-mail: 1987329002@nwsuaf.edu.cn。

通讯作者:王林权,教授,博士生导师。E-mail: linquanw@yahoo.com.cn。

cm。垄上覆膜,每垄两侧各种 1 行,共计播种 12 行/区。

施肥方法:垄上覆膜,垄下集中施肥。垄下施肥是先开沟将肥料均匀条施,后覆土起垄,垄上覆膜。平作区施肥方式为播种前先将肥料均匀撒在地表,然后用锄头深翻 15 cm 左右,与土壤混匀。各小区的肥料均一次施入,不施追肥,不灌水。施肥播种后在各小区设置氨挥发捕获装置,采用密闭法测定田间土壤的氨挥发。

试验数据采用 EXCEL、PASW18.0 数据处理系统进行统计分析。

1.3 氨捕获装置

氨捕获装置由 PVC 硬质塑料制成下方敞开的正方体捕获箱,规格为 20 cm × 20 cm × 20 cm。从施肥当天开始,将捕获箱扣置于地面,箱内放 1 个装有 20 mL 2% 硼酸溶液的培养皿。平作小区随机放置两个捕获装置,垄作覆膜小区垄上和垄沟中分别放置 1 个捕获装置,次日或隔日取样。取样时,将培养皿中的吸收液迅速倒入预先准备好的塑料瓶中密闭保存。取样后用蒸馏水润洗培养皿,将 20 mL 2% 的硼酸溶液加入培养皿中,迅速用捕获箱盖住,开始下一次氨吸收过程。前 2 周,每 2 天取 1 次样;以后视测到的挥发氨数量多少,取样间隔可延长到 1 周,直至测定的氨挥发量与不施肥对照接近时为止,遇降雨时测定顺延。氨挥发捕获装置回收率以及大田试验氨挥发速率的计算均参照王朝晖等^[9,10]人的研究。

由下式计算田间土壤的氨挥发速率:

$$\text{NH}_3 - \text{N} [\text{kg N}/(\text{hm}^2 \cdot \text{d})] = [M/(S \times T)] \times 10^4$$

其中, M 为单个装置平均每次测得的氨挥发量; S 为收集装置的横截面积(m^2); T 为每次连续收集的时间(d)。累计氨挥发量为不同时期计算出的氨挥发量累加而得。

1.4 室内模拟实验

室内模拟实验土壤采自试验地,风干后过 3 mm 孔径筛。供试肥料为尿素($\text{N} \geq 46\%$),施肥水平为 0.1 g N/kg 土。供试培养盒规格为 15 cm(上部直径) × 8.5 cm(底部直径) × 15 cm(高),装风干土 1.2 kg。

实验设置 6 个处理:不覆膜不施肥(CK1),不覆膜混匀施肥(TC),不覆膜氮肥深施(TD),覆膜不施肥(CK2),覆膜混匀施肥(MC),覆膜深施氮肥(MD),每个处理重复 3 次。其中,混匀施肥为将称好的肥料与土壤混合均匀装于盆中(TC 和 MC);深施肥处理则是先在盆底部铺上 5 cm 厚的土壤,然后将尿素

均匀铺在土壤表面,随后再将土壤装入盆中,施肥深度为 10 cm(TD 和 MD)。调节其含水量为田间最大持水量的 60%,在盆中扣一直径 10 cm、高 10 cm 的塑料盒,盒内放入装有 15 mL 2% 硼酸的小杯子。将培养盆置于智能光和培养箱中连续培养,每日设光照 12 小时,黑暗 12 小时,光照强度为 3 000 lx,光照下温度控制为 25℃,黑暗下温度控制为 15℃,培养后每天测定氨挥发量,直至各个处理与空白对照相近为止。

2 结果与分析

2.1 越冬期前田间土壤氨挥发速率

由图 1 可以看出,在测定的起始几天氨挥发速率较小,随着时间延长,逐渐增大,到第 9 天达到最大,之后逐渐降低,在施肥 1 个月后氨挥发速率趋于稳定。平作处理的氨挥发速率明显高于垄作处理;垄作处理略高于不施肥处理;垄作条件下,高肥处理大于低肥处理。各个处理的挥发峰值出现的时间一致,平作施肥处理的峰值要远远高于垄作,但到了后期各个处理氨挥发速率之间的差距逐渐变小。

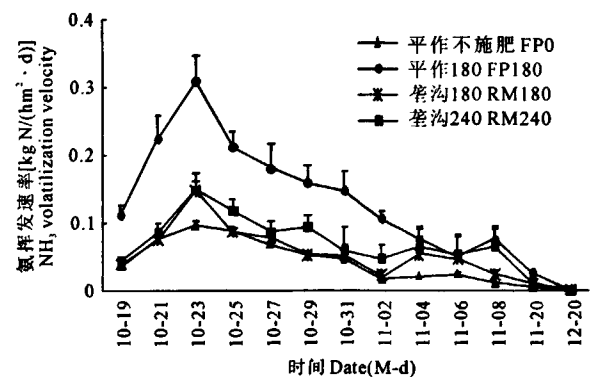


图 1 越冬期前氨挥发速率

Fig.1 Soil NH₃ volatilization velocity before the winter of different treatments

2.2 返青期后田间土壤氨挥发速率

随着冬季的来临,土壤上冻,氨挥发速率迅速降低,氨挥发十分微弱,因此冬季未监测土壤氨挥发。返青期后,随着温度的升高氨挥发速率又有所上升,但与越冬期前相比,氨挥发速率下降了 80% ~ 90%。返青期后除了 RM240 处理外,另外 3 个处理的氨挥发速率趋势差异较小。RM240 处理下的氨挥发速率曲线较其它 3 个处理变化剧烈,波峰大于其它处理。植物在返青后生长旺盛,需氮量大增,吸收加快,因此土壤中氮的浓度大幅度减低。虽然氨挥发速率有波动,总体而言返青后但整体趋势在逐渐减低。平作处理前期挥发量大,返青后土壤中氮素

减少;而垄沟条件下,越冬前的氨挥发较少,返青后土壤中铵氮含量较高,因此氨挥发的底物较丰富,特别是施肥量大的 RM240 处理的氨挥发速率较其它处理高。

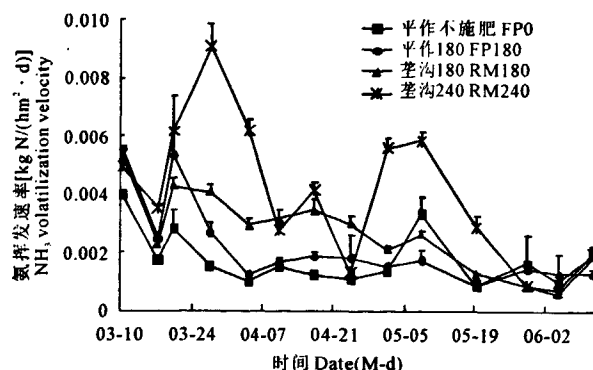


图 2 返青期后氨挥发速率

Fig.2 Soil NH₃ volatilization velocity in and after turning green stage in different treatments

2.3 试验期间田间土壤的氨挥发量及氮素损失率

由图 3 可以看出,不施肥对照处理的氨挥发累积量为 1.5 ± 0.1 kg N/hm²,这与巨晓棠等^[11]在潮褐土得到的结果相似。施肥后挥发量大幅度上升,FP180 处理达到 4.3 ± 0.8 kg N/hm²。垄沟覆膜后可以减少氨挥发,RM180 和 RM240 分别为 1.9 ± 0.2 kg N/hm² 和 2.4 ± 0.7 kg N/hm²,比 FP180 处理减少了 56.3% 和 43%。在垄作条件下随着施氮量的增加,氨挥发也同样显著增加。平作处理(FP180)的氮肥损失率最高达 1.6%,而 RM180 和 RM240 的分别为 0.2% 和 0.4% (表 1)。

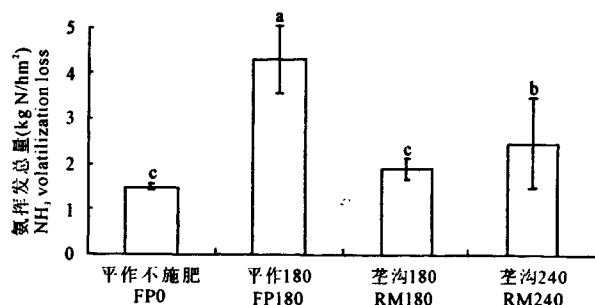


图 3 氨挥发总量

Fig.3 Total soil ammonia volatilization in different treatments

2.4 越冬期前氨挥发量的累积动态

越冬期前的氨挥发累积量与时间模拟的结果表明:无论是平作还是垄作覆膜,其氨挥发量随时间的变化均遵循 Elovich 动力学方程 $Y = A \ln X + B$ (A, B 为系数, X 为施肥后的时间),且在 $P < 0.01$ 条件下 R^2 都大于 0.98。氨挥发累积量先快后慢,最后趋于平缓。模拟的函数中的系数 A 是能够表征挥发速

率数值的一个常数,平作(FP180)处理的系数 A 最大,即氨挥发速率最大,垄沟栽培次之,不施肥处理最小,FP180 和 RM180 相比,在相同的施氮量下前者的系数 A 大于后者。

表 1 氨挥发累积量及损失率

Table 1 Accumulation and loss of ammonia volatilization

处理 Treatment	平均累积量 Mean accumulation (kg N/hm ²)	平均损失率 Mean loss rate (%)
平作不施肥 FPO	1.5 ± 0.1	—
平作 180 FP180	4.3 ± 0.8	1.6 ± 0.4
垄沟 180 RM180	1.9 ± 0.2	0.2 ± 0.1
垄沟 240 RM240	2.4 ± 0.7	0.4 ± 0.3

注:损失率 = (不同处理的累积量 - 对照处理的累积量)/施入的氮肥量。

Note: The rate of volatilized N to applied N was calculated for each treatment by first subtracting the amount of NH₃ volatilized from the CK treatment and then dividing by the amount of applied N.

2.5 返青后氨挥发量累积动态

由图 5 可以看出返青后冬小麦的田间氨挥发累积量均随时间的推移而呈现出直线上升,氨挥发量与时间的模拟符合函数方程 $Y = AX + B$,经过检验在 $P < 0.01$ 条件下, R^2 值均大于 0.95,模拟结果符合氨挥发的实际情况。垄作处理模型的斜率要大于平作栽培,垄作的氨挥发累积量增加的速度大于平作,其中垄沟 240 处理的斜率最大,其次为垄沟 180,平作不施肥最小。

3 讨论

氨挥发是土壤氮素损失的重要途径,朱兆良等估计了我国农田中化肥氮的去向:作物吸收 35%、氨挥发 11%、表观硝化 - 反硝化 34% (其中 N₂O 排放率为 1.0%)、淋洗损失 2%、径流损失 5%,未知部分 13%^[12],总的来看,氮肥利用率较低,损失率较高。由于施肥方法及试验方法的不同^[13,14],测得的氨挥发的损失率相差较大,一般在 0.8% ~ 26% 之间,总体而言氨挥发量随施肥量的升高而增加。杨淑莉^[15]等的研究得到沟施氮肥的氨挥发量在 6 ~ 34 kg N/hm²,氮素损失率在 4.3% ~ 11.2%,显著高于本试验中垄沟覆膜条件下的氨挥发量。

3.1 垄沟覆膜下土壤氨挥发动态特征

丁洪等^[16]在华北潮土上的研究表明,不同施肥方式下土壤铵态氮的浓度峰值出现的时间不同,施肥后 3 ~ 7 天土壤的铵态氮的浓度达到最高,然后迅速降低,20 天后土壤铵态氮基本转化为硝态氮。在施肥后氨挥发速率先高后低,升高的原因是随着尿

素的水解,土壤铵离子浓度增加,当尿素完全水解之后氨挥发速率达到最大。施氮量越大,土壤中铵态氮源越充足,挥发速率也越高。随着时间的推移,由于硝化作用、固定作用及挥发作用等影响,土壤中可供挥发的铵态氮减少,氨挥发速率迅速下降,这种速

率逐渐降低的趋势符合 Elovich 动力学方程。由图 1 可以看出,冬小麦田的氨挥发过程基本符合上述规律,垄沟覆膜可以显著降低挥发速率,但是没有改变氨挥发的动态过程。

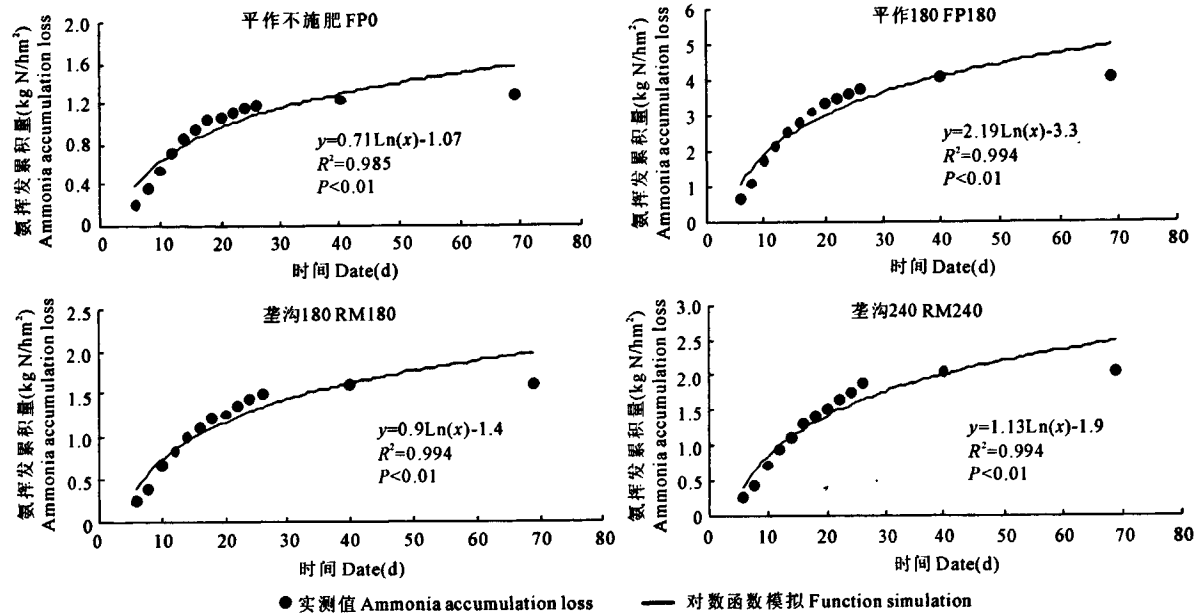


图 4 越冬期前氨挥发总量与时间模拟函数

Fig.4 Simulation function between time and ammonia loss before the winter

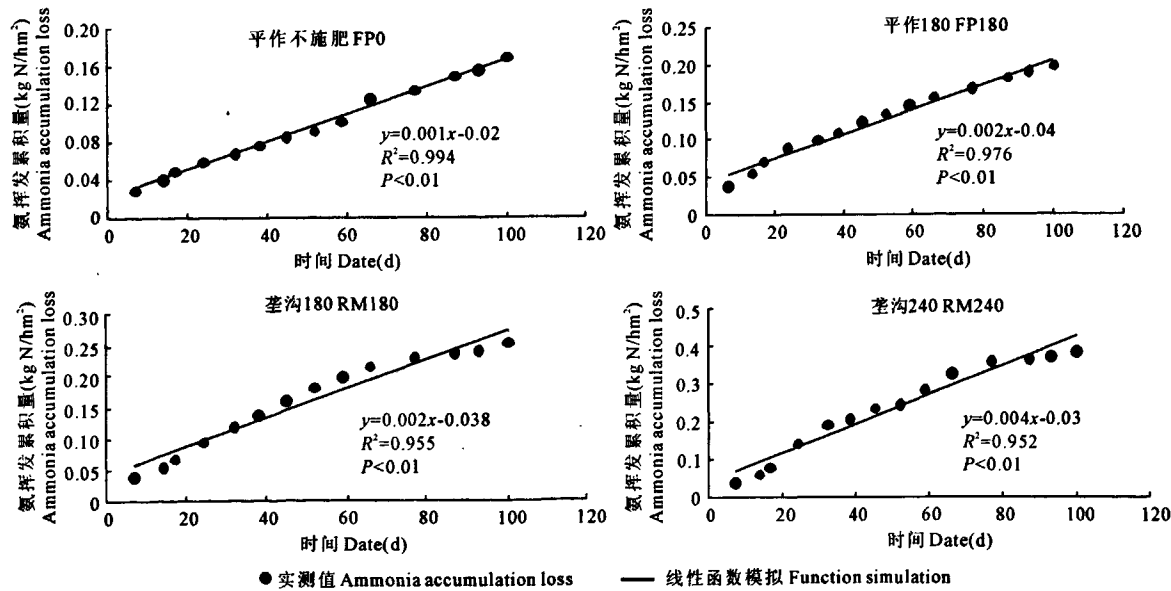


图 5 返青期后氨挥发量与时间模拟函数

Fig.5 Simulation function between time and ammonia loss in and after turning green stage

到了返青后土壤中氨态氮大幅度降低,控制氨挥发的主要因素变成铵态氮素的产生速率,也就是土壤中矿质氮的释放成为土壤氨挥发的限制步骤。在相同的土壤类型中土壤有机氮的矿化率变化不大,可以近似的认为是定值,这个矿化速率决定了土

壤氨挥发的进程,因此土壤在返青期后的氨挥发累积量呈现直线,越冬前与返青后土壤氨挥发决定因素的不同是导致土壤氨挥发累积过程巨大差异的主要原因。

返青后垄沟覆膜条件下氨挥发速率大于平作,

可能是由于垄沟覆膜下前期的氮挥发较少, 因此土壤中残留了氮素较多, 也可能是垄沟覆膜改变了土壤的微环境, 提高了地温, 增加了土壤有机氮的矿化^[17], 为氮挥发提供较多的底物。垄沟覆膜条件下土壤氮挥发的“削峰填谷”效应为小麦生长后期提供了更多的氮素, 也有巨大的生态环境效益。

3.2 覆膜与垄沟栽培对土壤氮挥发影响

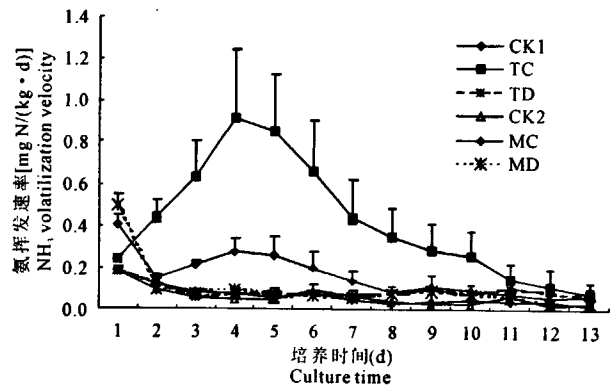
垄沟覆膜条件下土壤氮挥发过程受氮肥深施和地表覆膜两个因素的影响。这两个因素通过影响土壤中铵离子的浓度和地表微气象环境而作用于土壤氮挥发过程。根据 Denmead 等^[18,19]的研究, 氮挥发速率 $F = K \cdot (C_0 - C_z)$, 式中 K 是风速的函数, C_0 是土面气态氮的浓度, C_z 是 Z 高度处空气中氮的浓度。当氮在气液两相中达到平衡时气相中的浓度可以表示为: $C_0 = \text{NH}_3(\text{液相})/10^{1477.7/T-1.6937}$ 。当大气中的氮浓度远远低于液相中氮浓度时, 氮挥发速率与土壤液相中的氮浓度和风速成正相关。土壤覆膜后降低了土壤与大气下垫面之间的气体交换, 从而也降低了氮挥发量。

除了气候因素外, 许多研究^[20,21]表明氮肥深施能够显著减少土壤氮挥发, 且氮挥发的量随施肥深度的增加而减少。肥料深施后位于土壤深层, 肥料水解产生的 NH_4^+ 在扩散到土壤-大气界面之前易被植物吸收和土壤胶体吸附, 从而降低了扩散到大气中的几率。

为了进一步分析覆膜和垄沟栽培垄下施肥对氮挥发的影响, 笔者进行了室内模拟试验。由图 6 可以看出, 在施肥后的 2 周内, 氮挥发速率的变化与田间试验基本相同(图 1)。常规施肥的 TC 处理氮挥发速率曲线变化显著, 氮挥发峰值发生在培养的第 4 天, 达到了 $0.92 \text{ mg N}/(\text{kg} \cdot \text{d})$, 之后迅速下降。氮肥深施处理(TD 和 MD)的氮挥发速率与不施肥处理无显著差异, 说明氮肥深施可以有效减少氮挥发。与 TC 相比, MC 处理氮挥发速率显著降低, 但是在培养后的第 4 天的仍然产生了一个小的氮挥发高峰, 达到了 $0.28 \text{ mg N}/(\text{kg} \cdot \text{d})$ 。说明覆膜处理可以减少氮挥发, 但不能完全消除氮挥发。

室内模拟实验结果表明, 对照 CK1 和 CK2 的氮挥发总量分别为 $0.89 \pm 0.07 \text{ mg N/kg}$ 和 $0.83 \pm 0.02 \text{ mg N/kg}$ 。常规混匀施肥处理(TC)氮挥发量显著增加, 达到 $5.41 \pm 1.77 \text{ mg N/kg}$; 覆膜后降为 $2.13 \pm 0.43 \text{ mg N/kg}$ (MC), 减少了 60.6%。氮肥深施处理氮挥发量大幅度下降。TD 处理为: $1.15 \pm 0.1 \text{ mg N/kg}$, MD 处理为: $1.31 \pm 0.06 \text{ mg N/kg}$, 分别比混匀施肥的 TC 和 MC 处理减少了 78.7% 和 38.5%。氮

肥深施能够有效抑制土壤氮挥发, 其效果大于覆膜。氮肥深施入土壤后, 水解的铵离子大部分被土壤胶体吸附, 只有少量铵离子进入土壤气相, 氮气在扩散到大气之前仍然受到了土壤的阻滞作用。深施氮肥通过减少表层土体中氮挥发反应底物浓度而从根本上降低了施入肥料氮素的损失, 抑制了土壤的氮挥发; 而地表覆膜只是在地表抑制了氮气向大气的扩散过程, 对表层土体中氮浓度影响不大, 因此其对氮挥发的抑制作用要小于氮肥深施。



注: CK1: 不覆膜不施肥; TC: 不覆膜混匀施肥; TD: 不覆膜氮肥深施; CK2: 覆膜不施肥; MC: 覆膜混匀施肥; MD: 覆膜深施氮肥

Note: CK1: Control treatment; TC: Traditional fertilization; TD: Deep placement of fertilizer; CK2: Control treatment with plastic film mulching; MC: Traditional fertilization with plastic film mulching; MD: Deep placement of fertilizer with plastic film mulching

图 6 室内模拟氮挥发动态变化曲线

Fig.6 Dynamics of soil ammonia volatilization in lab simulation experiment

密闭法研究土壤氮挥发装置简单易行, 测量的结果直接反映了土壤表面挥发的氮, 但也造成了装置内的微环境与外界不一致等缺点, 因此本方法仍需进一步改进。

4 结 论

1) 与平作处理相比, 垄作覆膜耕作能大幅度减少氮挥发。RM180 和 RM240 的氮挥发量为 $1.9 \pm 0.2 \text{ kg N}/\text{hm}^2$ 和 $2.4 \pm 0.7 \text{ kg N}/\text{hm}^2$, 比 FP180 氮挥发量减少了 56.3% 和 43%。氮肥损失率从 FP180 的 1.6% 降低到了 RM180 的 0.2% 和 RM240 的 0.4%。

2) 冬小麦田的氮挥发主要发生在越冬前播种后的 1 个月左右, 返青后氮挥发速率量大大降低。

3) 越冬期前土壤氮挥发累积动态过程符合 Elovich 动力学方程; 返青后土壤氮挥发累积动态过程可以用线性方程描述。

4) 室内模拟实验表明, 地表覆膜和氮肥深施都

能够有效减少土壤氨挥发,但氮肥深施对氨挥发的消减效应大于地表覆膜。

参考文献:

- [1] 孙克君,毛小云,廖宗文.几种控释氮肥减少氨挥发的效果及影响因素研究[J].应用生态学报,2004,15(12):2347—2350.
- [2] 马立珊,钱敏仁.太湖流域水环境硝态氮和亚硝态氮污染的研究[J].环境科学,1987,8(2):60—65.
- [3] Zottl H W. Remarks on the effects of nitrogen disposition to forest ecosystem[J]. Plant and Soil, 1990,128:83—89.
- [4] Junge CE. The distribution of ammonia and nitrate in 48 rainwater over United States[J]. Trans. Am. Geophys. Union, 1958, 39: 241—248.
- [5] FAO, IFA. Globale estimates of gaseous emissions of NH_3 , NO and N_2O from agricultural land[R]. Rome: 20 International Fertilizer Industry Association(IFA) and Food and Agriculture Organization of the United Nations(FAO). 2001:1—84.
- [6] 蔡焕杰,王健.降雨聚集条件下节水高效农业综合技术[J].干旱地区农业研究,1998,16(3):78—84.
- [7] 王彩绒,田霄鸿,李生秀.沟垄覆膜集雨栽培对冬小麦水分利用效率及产量的影响[J].中国农业科学,2004,37(2):208—214.
- [8] 谭军利,王林权,李生秀.地面覆盖的保水增产效应及其机理研究[J].干旱地区农业研究,2008,26(3):50—54.
- [9] 王朝晖,刘学军,巨晓棠.田间土壤氨挥发的原位测定—通气法[J].植物营养与肥料学报,2002,8(2):205—209.
- [10] 雷杨莉,王林权,薛亮.交替灌溉施肥对夏玉米土壤氨挥发的影响[J].农业工程学报,2009,25(4):41—46.
- [11] 李鑫,巨晓棠.不同施肥方式对土壤氨挥发和氧化亚氮排放的影响[J].应用生态学报,2008,19(1):99—104.
- [12] 朱兆良.中国土壤氮素研究[J].土壤学报,2008,45(5):778—783.
- [13] 王珏,巨晓棠.华北平原小麦季氮肥挥发损失及影响因素研究[J].河北农业大学学报,2009,32(3):5—11.
- [14] 倪康,丁维新.有机无机肥长期定位试验土壤小麦季氨挥发损失及其影响因素研究[J].农业环境科学学报,2009,28(12):2614—2622.
- [15] 杨淑莉,朱安宁.不同施氮量和施氮方式下田间氨挥发损失及其影响因素[J].干旱区研究,2010,27(3):415—421.
- [16] 丁洪,蔡贵信,王跃思.玉米—潮土系统中氮肥硝化反硝化损失与 N_2O 排放[J].中国农业科学,2001,34(4):416—421.
- [17] 穆兴民,樊小林.土壤氮素矿化的生态模型研究[J].应用生态学报,1999,10(1):114—118.
- [18] 张玉铭,胡春胜,董文旭.华北太行山前平原农田氨挥发损失[J].植物营养与肥料学报,2005,11(3):417—419.
- [19] Denmead O T, Freney J R, Simpson J R. Dynamics of ammonia volatilization during furrow irrigation of maize[J]. Soil Sci. Soc. Am. J, 1982,46:149—155.
- [20] 张胜,张翠云,孙振华.河北平原山前地区土壤氨挥发测定试验研究[J].农业环境科学学报,2002,2(16):527—529.
- [21] 李生秀,马社教.石灰性土壤铵态氮的挥发损失—II.铵态氮肥中氮的挥发与施肥方法的关系[J].干旱地区农业研究,1993,11(增刊):130—134.

The dynamics of ammonia volatilization in winter wheat field with furrow planting system and ridge with plastic film mulching

SHANGGUAN Yu-xian, SHI Ri-peng, HAN Kun, WANG Lin-quan

(College of Resources and Environment, Northwest A & F University, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract: To study the effects of furrow planting system and ridge with plastic film mulching (FPRFM) on soil ammonia volatilization in winter wheat field, the trial was conducted in October of 2009 ~ June of 2010. A laboratory simulation experiment was also made to investigate the effects of plastic film mulching and deep application of N on ammonia volatilization. The ammonia was collected with airproof chambers made with PVC in field. NH_3 was absorbed by boric acid (concentration 2%) loaded in culture dish in the chambers, and then titrated with dilution H_2SO_4 in the lab. The volatilization amount in the plots with FPRFM under the N application rate 180 kg/hm^2 (RM180) and 240 kg/hm^2 (RM240) were $1.9 \pm 0.2 \text{ kg N}/\text{hm}^2$ and $2.4 \pm 0.7 \text{ kg N}/\text{hm}^2$ separately, and the amount of conventional practice with nitrogen application rate 180 kg/hm^2 (FP180) was $4.3 \pm 0.8 \text{ kg N}/\text{hm}^2$. Compared to the conventional flat planting (FP) system, the FPRFM could reduce volatilization amount by 56.3% and 43%, and N loss rate dropped from 1.6% of conventional practice to 0.2% ~ 0.4% of FPRFM. It was implied that soil ammonia volatilization mainly occurred in the first month after seeding, and had a great drop after turning green stage. The simulation results indicated that ammonia accumulation loss complied with Elovich dynamic equation before the winter, and linear equation after turning green stage. Laboratory simulation experiment showed that deep application of N fertilizer had more effects than plastic film mulch on limiting ammonia volatilization.

Keywords: ammonia volatilization; nitrogen; FPRFM; winter wheat