doi：10.11838/sfsc.1673-6257.22056

氮肥增效剂对石灰性潮土氨挥发及冬小麦产量的影响

刘世腾，刘春丽，李开春，杜晨曦，潘世斌，冀文凤，韩燕来，李培培*

（河南农业大学资源与环境学院，河南　郑州　450000）

摘　要：石灰性土壤由于偏碱性的特点容易发生氨挥发，严重的氨挥发会导致氮肥资源的浪费，而且会污染大气环境。在河南省许昌市的石灰性潮土上开展小麦季氮肥增效剂应用效果试验，氮肥用量 180 kg/hm^2，研究 4 个肥料处理：无化肥氮（CK）、常规尿素（U）、脲酶抑制剂尿素（URI）和硝化抑制剂尿素（NIF）对华北典型石灰性潮土冬小麦整个生育期氨挥发及小麦产量的影响。结果表明，各处理土壤氨挥发速率峰值均出现在小麦播种施肥后第 3 周，其大小顺序为：U>NIF>URI>CK。U 处理下的土壤氨挥发速率峰值比 NIF 处理和 URI 处理分别高 2.27% 和 21.84%，NIF 处理比 URI 处理土壤氨挥发速率峰值高 19.13%；而小麦整个生育期氨挥发累积量的大小顺序为：NIF>U>URI>CK。整个小麦生育期，3 个施氮处理氨挥发损失量均较低，仅为施氮量的 1.18% ~ 1.58%。与常规尿素 U 处理相比，URI 处理与 NIF 处理氨挥发均无显著降低或增加，但 NIF 比 URI 显著增加了氨挥发量。与 U 处理相比，URI 处理和 NIF 处理显著提高小麦的穗数、千粒重和产量，其中 URI 处理比 U 处理产量和氮肥利用率分别显著提升 14.9% 和 19.7%，NIF 处理分别显著提升 25.9% 和 28.6%。在本研究土壤及施肥管理条件下，虽然硝化抑制剂比脲酶抑制剂促进了氨挥发，但整个冬小麦生育期各处理氨挥发总量都较低，氨挥发量占施肥量的比例均不足 2%；硝化抑制剂（CP）尿素在小麦增产中的效益显著高于脲酶抑制剂（NBPT），具有推广应用价值。

关键词：氨挥发；脲酶抑制剂；硝化抑制剂；石灰性潮土；冬小麦

在农业生产中，化肥在提高粮食产量方面至关重要，而氮素能够有效促进植物生长、提高生产力。当今世界人口数量增长迅速，为了保障粮食安全，需要保证氮肥的必要投入[1]。较高的氮肥施用量和不当的施用形式造成了大量氮素损失，并且引起一系列环境问题。我国常规氮肥利用率约为 35%，氮肥平均总损失率为 60% 左右，氮肥利用率仍处于较低水平[2]。氨挥发是氮损失的主要途径之一，不仅导致了大量氮素损失[3]，而且进入到大气中的氨进行沉降，过量的氨沉降会引起一系列环境问题，进而威胁到人类的生命健康安全。

华北地区是全国主要的小麦生产区，2019 年中国小麦总种植面积 23728 千 hm^2，其中华北地区小麦总种植面积约占全国 36.6%[4]。华北平原土壤多偏碱性，有利于促进氨挥发过程的发生，因此在华北地区土壤氨挥发水平较高，是氮素损失的主要方式之一[5]。在化肥减量措施之前，华北地区高氮肥用量可达 200 ~ 350 kg/hm^2，冬小麦季的平均氨挥发损失率为 6.5%[6]，国内外有很多控释肥或肥料增效剂对潮土氨挥发作用的研究[7-9]，大田研究主要集中在较高氮肥用量下不同控释肥对于土壤氨挥发及作物产量影响等方面。近年来氮肥用量逐渐下降，而在减氮条件下，典型石灰性潮土区氨挥发的研究还比较少[10]。本研究以华北平原核心区—河南省石灰性潮土为研究对象，依托位于河南农业大学许昌校区的“华北小麦玉米植物营养与施肥科学观测试验站”，以多年定位氮肥减量至 180 kg/hm^2 的小区试验为基础，开展脲酶抑制剂尿素和硝化抑制剂尿素对冬小麦全生育期内氨挥发特征影响的田间试验研究，分析施用不同类型氮肥对于氨挥发和小麦产量的影响，明确不同施肥对石灰性潮土氨挥发的影响特点，以推荐石灰性潮土环境效应和经济效益俱佳的氮肥增效剂种类。

收稿日期：2022-01-28；**录用日期：**2022-06-07

基金项目：国家重点研发计划项目（2021YFD1700902，2018YFD0200606）；河南省大学生创新创业训练计划省级项目（S202010466052）。

作者简介：刘世腾（2000-），本科，主要从事土壤资源利用与管理方面的研究。E-mail：liushiteng0329@163.com。

通讯作者：李培培，E-mail：peipeilee@163.com。

1　材料与方法

1.1　试验地概况

试验地点位于河南省许昌市建安区苏桥镇，在河南农业大学许昌校区的“农业农村部华北小麦玉米轮作营养与肥料科学观测站”（34° 08′ N，113° 48′ E）内进行大田试验。该试验站内年平均降水量 728.3 mm，降水量主要集中在 6 ~ 10 月；年平均气温 15℃，是典型的暖温带大陆季风性气候[11]；土壤为壤质黏潮土，0 ~ 40 cm 土壤的砂粒为 13%、粉粒为 49% 和粘粒为 38%；该区域土壤基本理化性质见表 1。

表 1　供试土壤基本理化性质

土壤类型	pH	有机质（g/kg）	全氮（g/kg）	碱解氮（mg/kg）	有效磷（mg/kg）	速效钾（mg/kg）
潮土	8.2	13.7	1.1	68.7	14.3	90.4

1.2　试验设计

定位试验于 2016 年 10 月小麦施肥播种期开始布置，试验共设 4 个处理，分别为无化肥氮处理（CK）、常规尿素处理（U）、脲酶抑制剂尿素处理（URI）和硝化抑制剂尿素处理（NIF），脲酶抑制剂为 N- 丁基硫代磷酰三胺（NBPT），用量为纯氮用量的 5%；硝化抑制剂尿素中抑制剂种类为三氯甲基吡啶（CP），用量为纯氮用量的 0.5%。每个处理 3 次重复，脲酶抑制剂和硝化抑制剂与尿素均匀混合后，与磷钾肥料一起撒施，耕作深度 20 cm，然后播种小麦。根据当地农民习惯肥料一次性施入，小麦生长时期不再追肥，各处理田间施肥量一致，如表 2 所示。本研究的氨挥发收集试验于 2020 年 10 月 24 日小麦播种后即刻开展。

表 2　不同施肥处理小麦季田间施肥量和氮肥增效剂　（kg/hm²）

处理	N	P_2O_5	K_2O	增效剂
CK	0	90	90	0
U	180	90	90	0
URI	180	90	90	脲酶抑制剂（NBPT 5%）
NIF	180	90	90	硝化抑制剂（CP 0.5%）

1.3　样品采集与测定

采用通气法对施肥后的土壤氨挥发进行原位测定[12]。氨气捕获装置由一个 PVC 管和两片浸过磷酸甘油的海绵构成，每个小区设置两个采样装置，施肥当天布置采样装置并开始收集气体，初期每 6 或 7 d 取样一次并更换一次海绵，氨挥发峰值期之后适当延长取样间隔时间，结冰后停止采样，等到温度升高以后恢复采样，直到小麦成熟收获[13]。每次采样带回氨气捕获装置中的下层海绵，采用靛酚蓝比色法对浸提液进行测定，计算氨挥发量、氨挥发速率。整理每次测得的数据，为了保证测定值更加接近实际，氨挥发测定值采用重复的平均值。氨挥发速率由下式得出：

$$NH_3\text{-}N\ [kg/(hm^2 \cdot d)] = m/s/t \times 10^{-2}$$

式中：m- 通气法装置捕获的氨量（NH_3-N，mg）；s- 捕获装置的横截面积（m^2）；t- 每次连续捕获的时间（d）。

2021 年 5 月 29 日小麦收获，采用一米双行法采集小麦植株地上部分，带回实验室测定产量要素及地上部干物质量，取地上部植株样品，将茎叶和籽粒分别装袋称重后，于 105℃杀青 30 min，65℃烘干至恒重计算含水量，计算茎叶和籽粒的干物质量，粉碎，所有植株样品消煮后采用凯氏定氮法测定全氮含量。在每个小区随机采集 1 m^2 的小麦穗，麦穗脱粒后称重，计算每公顷小麦产量。

植株氮素吸收量（kg/hm^2）= 茎叶干物质量 × 茎叶氮素含量 + 籽粒干重 × 籽粒氮素含量

氮收获指数（%）= 籽粒氮素积累量 / 植株氮素积累量 ×100

氮肥偏生产力（kg/kg）= 施氮处理籽粒产量 / 施氮量

氮肥利用率（NUE，%）=（施氮处理植株氮素积累量 - 不施氮处理植株氮素积累量）/ 施氮量 ×100

1.4　数据处理

采用 Excel 2016 进行基础数据的统计汇总、作图，利用 SPSS 26.0 对数据采用 LSD 法进行差异显著性检验。

2　结果与分析

2.1　不同施肥处理对土壤氨挥发速率的影响

由图 1 所示，在小麦播种施肥后，氨挥发速率受到不同施肥处理的影响。与不施氮肥的 CK 相比，施肥处理氨挥发速率迅速增加，在施肥后前 2 周 NIF 和 U 处理的氨挥发量基本保持一致，均显著高于 URI 处理。不同施肥处理土壤氨挥发速率峰值均出现在施肥后第 3 周的 11 月 13 日，其大小顺序

为：U>NIF>URI>CK，常规尿素 U 处理下的土壤氨挥发速率峰值比 NIF 处理和 URI 处理分别高 2.27% 和 21.84%，NIF 处理比 URI 处理土壤氨挥发速率峰值高出了 0.0104 kg/（hm²・d），占 URI 处理的 19.13%。施肥 3 周以后，排放速率峰值逐渐下降，在 12 月 19 日各施肥处理均出现最低值。峰值期过后，U 和 NIF 处理氨挥发速率急剧下降，URI 处理下降缓慢，在 12 月 5 日 URI 处理氨挥发速率甚至高于 U 和 NIF，具有氨挥发延后效应。而随着采样期的延长，12 月 19 日之后 NIF 处理保持比 U 处理较高的氨挥发量。在 12 月 19 至 1 月 3 日之间，U 和 URI 处理氨挥发速率出现一个小高峰；在本研究中，11 月 21 日到 12 月 19 日，所有处理的氨挥发量处于低值，根据图 2 可知，同期降水频繁，气温下降，暂时降低了氨挥发量，也可能是次年 1 月 3 日氨挥发出现小高峰的原因之一。

3 月 7 日后，随着小麦返青拔节吸氮旺盛，加之降雨增多，氨挥发量增加缓慢。至 4 月 10 日左右各处理氨挥发速率趋于稳定，维持在较低水平，与 CK 处理无显著差异。

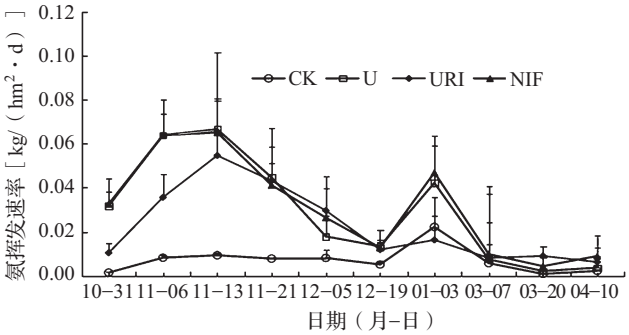

图 1　不同处理下的土壤氨挥发速率

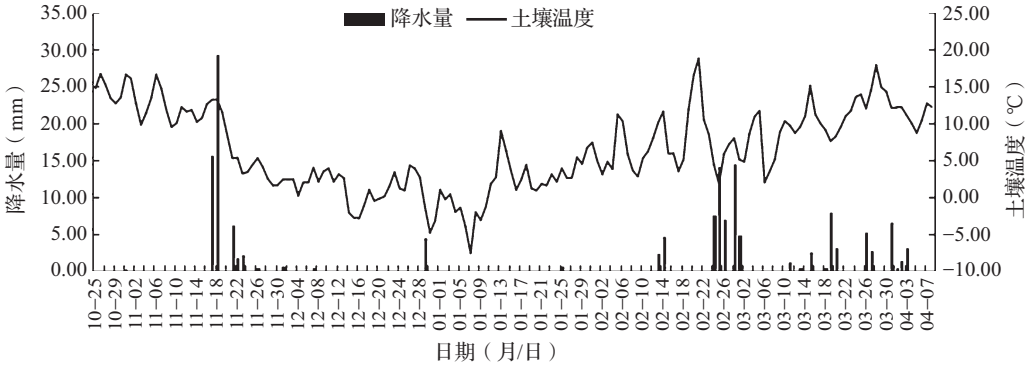

图 2　2020 ~ 2021 年试验地小麦生育期日平均降水量和土壤温度分布

2.2　不同施肥处理下的土壤氨挥发累积量和氮肥损失率

图 3 为不同施肥处理土壤氨挥发累积量变化，小麦播种施肥后氨挥发持续增加，直至次年 3 月，氨挥发积累量进入平台期。CK 处理氨累计挥发量为 1.09 kg/hm²，U 处理为 3.03 kg/hm²，URI 处理为 2.58 kg/hm²，NIF 处理为 3.46 kg/hm²。氨挥发累积量 CK<URI<U<NIF，CK 处理与 U、NIF、URI 处理之间的差异具有显著性。与常规尿素 U 处理相比，URI 处理下氨挥发量减少 14.9%，NIF 处理氨挥发量增加 14.3%，但二者与 U 处理相比均无显著差异；NIF 处理比 URI 处理的氨挥发量显著增加 34.3%。如图 4 所示，NIF 处理的氨挥发损失率最大，累计为施氮量的 1.58%；其次是 U 处理，氨挥发损失率为 1.39%，URI 处理的氨挥发损失率最低，仅为 1.18%。

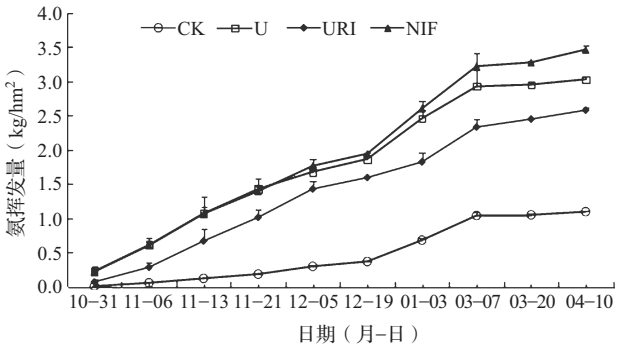

图 3　小麦生育期氨挥发累积量

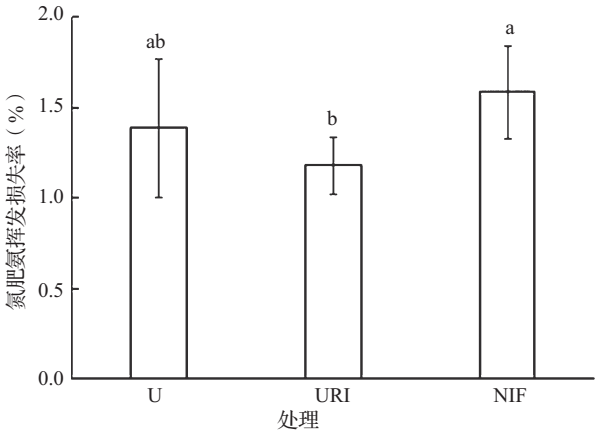

图 4　不同施肥处理氮肥的氨挥发损失率

注：不同小写字母表示在 $P<0.05$ 水平差异显著。

2.3　不同施肥处理对冬小麦产量的影响

由表 3 可知，不同施肥处理下小麦的产量不同，与 CK 处理相比，3 种施氮处理小麦产量都有显著提高，表现为 NIF>URI>U>CK。相较于 U 处理，URI 和 NIF 处理均能显著提高每公顷的穗数和产量；相较于 U 处理，NIF 处理还显著提高小麦籽粒的千粒重；URI 处理比 U 处理显著增产 14.9%，NIF 处理比 U 处理显著增产 25.9%。

2.4　不同施肥处理对氮肥利用效率的影响

如表 4 所示，CK 处理小麦吸氮量和氮收获指数均显著低于其他处理；与 U 处理相比，URI 和 NIF 处理均显著增加了植株吸氮量，但是仅 NIF 处理的籽粒吸氮量显著增加，增加了 18.6%，URI 与 U 处理并无显著差异。URI、NIF 和 U 处理的氮收获指数之间无显著差异；NIF 和 URI 均显著提高了氮肥偏生产力和氮肥利用率，其中 NIF 比 U 处理分别显著提高 26.1% 和 28.6%，URI 分别显著提高 15.0% 和 19.7%。

表 3　不同施肥处理下小麦产量及产量要素

处理	穗数（10^4 穗 /hm^2）	穗粒数（粒）	千粒重（g）	产量（kg/hm^2）
CK	417.0 ± 6.2c	20 ± 3.92b	45.83 ± 1.33ab	2547.9 ± 39.4c
U	475.7 ± 21.5b	37 ± 4.42a	43.13 ± 1.68b	5869.7 ± 386.9b
URI	541.7 ± 9.3a	34 ± 1.25a	47.05 ± 2.02a	6743.4 ± 255.8a
NIF	584.3 ± 28.3a	35 ± 3.53a	45.17 ± 0.96ab	7390.4 ± 452.0a

注：小写字母不同表示处理间差异显著，下同。

表 4　不同氮肥增效处理下小麦氮素吸收和氮肥利用率

处理	植株吸氮量（kg/hm^2）	籽粒吸氮量（kg/hm^2）	氮收获指数（%）	氮肥偏生产力（kg/kg）	氮肥利用率（%）
CK	20.2 ± 1.5c	24.3 ± 1.5c	54.6 ± 1.8c	—	—
U	35.5 ± 4.1b	74.3 ± 5.2b	67.7 ± 3.2a	32.6 ± 2.1c	36.3 ± 4.7c
URI	40.7 ± 5.8a	82.5 ± 9.8ab	66.9 ± 3.4a	37.5 ± 1.4b	43.8 ± 6.4b
NIF	41.0 ± 2.3a	88.1 ± 4.9a	68.2 ± 0.4a	41.1 ± 2.5a	47.1 ± 3.9a

3　讨论

3.1　氮肥增效剂对小麦种植中氨挥发损失的影响

通过小麦生育期的氨挥发监测结果表明，与单施尿素处理相比，添加脲酶抑制剂或硝化抑制剂对氨挥发并无显著影响，但大多数研究认为硝化抑制剂在一定程度上会促进氨挥发[14]，而脲酶抑制剂会降低氨挥发[15-16]。这可能和本研究氮肥减量有关，本研究氮肥用量为 N 180 kg/hm²，也可能和本试验地潮土质地偏黏重或与年度降水及气温等方面影响有关。本研究对比硝化抑制剂和脲酶抑制剂处理发现，硝化抑制剂的氨挥发显著增加，这可能由于硝化抑制剂会延长 NH_4^+ 在土壤中的滞留数量和时间，从而增加氮气排放的潜势[14-16]。Cai 等[17]试验表明，华北地区小麦季氮肥的氨挥发损失率为 1% ~ 20%；王钰等[18]在河北省潮褐土上测定的冬小麦的氮肥氨挥发损失率为 1% ~ 4.2%，且氨挥发量在施氮量达到 150 kg/hm^2 时显著增加。吕金岭等[10]在河南省砂质潮土上的研究结果表明氨挥发系数为 3.3% ~ 5.0%。本研究中不同施肥处理下氨挥发累积量为 1.09 ~ 3.46 kg/hm²，氮肥氨挥发损失率仅为 1.18% ~ 1.58%，相较于前人多数试验结果，本研究整体总氨挥发损失率偏低，但与肖娇等[19]测定的肥料氮的氨挥发损失率变化为

1.23% ~ 1.97% 的试验结果相接近。本研究条件下，小麦种植过程中整体氨挥发量低，说明氨挥发可能不是当前土壤环境和施肥管理条件下氮损失的主要途径，下一步可以通过增加试验年份验证本研究结果。

尽管硝化抑制剂和脲酶抑制剂施用都没有显著增加氨挥发，但不可忽视硝化抑制剂对氨挥发的刺激作用。现有较多硝化抑制剂与脲酶抑制剂的配合应用研究，但配合减氨效应并不统一[16]，Soares 等[20]研究认为，硝化抑制剂双氰胺（DCD）可以抵消脲酶抑制剂 NBPT 在减少氨挥发损失方面的效应，且二者不同的配比也影响氨挥发的速度和积累量。因此需要在石灰性潮土上开展硝化抑制剂 CP 和不同种类脲酶抑制剂的配合研究，探明适宜的抑制剂种类、数量及配比施用方法，以精确使用硝化抑制剂和脲酶抑制剂减少氨挥发损失并实现增产。近期，Zhang 等[21]在华北小麦玉米轮作体系的研究发现，硝化抑制剂配合肥料深施，能显著减少 67% ~ 90% 的氨挥发量。因此，除了配合脲酶抑制剂的使用，还需寻求适宜的施肥深度或其他栽培管理措施降低硝化抑制剂对氨的挥发刺激作用。

3.2　氮肥增效剂对小麦产量的影响

在尿素中添加脲酶或硝化抑制剂作为氮肥增效剂，可有效提高作物产量[1, 16, 22]。本研究中，硝化抑制剂 CP 的增产效果最佳，是石灰性潮土最有增产潜力的抑制剂类型，其次是脲酶抑制剂 NBPT，其氮肥利用率也表现同样的增加趋势。本研究是在 2016 年开展的定位试验基础上进行的，经过 4 年的不施氮肥处理，CK 处理比常规尿素处理显著减产 56.6%，差减法计算出的 2 个氮肥增效剂处理的氮肥利用率均在 43.8% ~ 47.1% 之间，这比文献报道的硝化或脲酶抑制剂氮肥利用率增量稍高[16]。脲酶抑制剂能够抑制土壤脲酶活性，从而延缓尿素的水解速度，减少氮肥的损失浪费，同时提高了作物的氮肥利用率以达到增产的目的[16, 23-24]。硝化抑制剂主要通过减少生成硝态氮，从而减少氮肥以硝态氮形式的损失，而硝态氮淋洗损失被普遍认为是硝化作用较强的潮土氮损失的主要途径[5]，因此硝化抑制剂处理在提高氮肥利用率方面效果显著。

4　结论

在本研究土壤环境和施肥管理条件下，小麦生育期氨挥发损失率较低，仅为 1.18% ~ 1.58%，氨挥发可能不是试验潮土氮损失的主要途径；脲酶抑制剂 NBPT 增产效果低于硝化抑制剂，但其在降低氨挥发方面比硝化抑制剂有一定的优势。硝化抑制剂 CP 显著增产并提高小麦氮肥利用率，且与单施尿素相比没有显著增加氨挥发，在石灰性潮土有较好的应用潜力。

参考文献：

[1] Wang H，Köbke S，Dittert K. Use of urease and nitrification inhibitors to reduce gaseous nitrogen emissions from fertilizers containing ammonium nitrate and urea [J]. Global Ecology and Conservation，2020，22：e00933.

[2] 薛利红，杨林章，施卫明，等. 农村面源污染治理的“4R”理论与工程实践 - 源头减量技术 [J]. 农业环境科学学报，2013，32（5）：881-888.

[3] Cui S，Shi Y，Groffman P M，et al. Centennial-scale analysis of the URIeation and fate of reactive nitrogen in China（1910-2010）[J]. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America，2013，110：2052-2057.

[4] 国家统计局. 中国统计年鉴 2020 [M]. 北京：中国统计出版社，2020：383-385.

[5] Ju X T，Xing G X，Chen X P，et al. Reducing environmental risk by improving N management in intensive Chinese agricultural systems [J]. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America，2009，106（9）：3041-3046.

[6] 董文旭，胡春胜，陈素英，等. 保护性耕作对冬小麦 - 夏玉米农田氮肥氨挥发损失的影响 [J]. 中国农业科学，2013，46（11）：2278-2284.

[7] 卢艳艳，宋付朋. 不同包膜控释尿素对农田土壤氨挥发的影响 [J]. 生态学报，2011，31（23）：148-155.

[8] 张静，冀建华，李絮花，等. 海藻酸增效剂对尿素在土壤中转化及损失的调控 [J]. 中国土壤与肥料，2020（6）：228-233.

[9] 李子双，谭德水，李洪杰，等. 不同控释肥对冬小麦产量及氮素利用的影响 [J]. 山东农业科学，2017，49（8）：73-77.

[10] 吕金岭，王小非，骆晓声，等. 减氮条件下砂壤质潮土区小麦 - 玉米轮作体系氨挥发特征及排放系数 [J]. 植物营养与肥料学报，2021，27（2）：346-359.

[11] 吴传发，熊超，韩燕来，等. 秸秆还田结合减氮调控旱地土壤硝化潜势维持作物产量的机理 [J]. 植物营养与肥料学报，2020，26（10）：1782-1793.

[12] 王朝辉，刘学军，巨晓棠，等. 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.

[13] 李洪杰，赵同凯，孙明，等. 不同氮肥运筹对潮土区冬小麦产量及土壤氨挥发的影响 [J]. 山东农业科学，2020，52（11）：51-55.

[14] Qiao C L，Liu L L，Hu S J，et al. How inhibiting nitrification

affects nitrogen cycle and reduces environmental impacts of anthropogenic nitrogen input［J］. Global Change Biology，2015，21：1249–1257.

［15］ Zaman M，Nguyen M L. How application timings of urease and nitrification inhibitors affect N losses from urine patches in pastoral system［J］. Agriculture，Ecosystems Environment，2012，156：37–48.

［16］ 宋涛，尹俊惠，胡兆平，等. 脲酶/硝化抑制剂减少农田土壤氮素损失的作用特征［J］. 农业资源与环境学报，2021，38（4）：585–597.

［17］ Cai G X，Chen D L，Ding H，et al. Nitrogen losses from fertilizers applied to maize，wheat and rice in the North China Plain［J］. Nutrient Cycling in Agroecosystems，2002，63（2/3）：187–195.

［18］ 王钰，巨晓棠，张丽娟，等. 华北平原小麦季氮肥氨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.

［19］ 肖娇，樊建凌，叶桂萍，等. 不同施肥处理下小麦季潮土氨挥发损失及其影响因素研究［J］. 农业环境科学学报，2016，35（10）：2011–2018.

［20］ Soares J R，Cantarella H，Menegale M L D C. Ammonia volatilization losses from surface–applied urea with urease and nitrification inhibitors［J］. Soil Biology & Biochemistry，2012，52：82–89.

［21］ Zhang C，Song X，Zhang Y，et al.，Using nitrification inhibitors and deep placement to tackle the trade–offs between NH_3 and N_2O emissions in global URIoplands［J］. Global Change Biology，2022，28（14）：4409–4422.

［22］ 朱龙飞，徐越，张志勇，等. 不同施氮措施对冬小麦农田土壤温室气体通量的影响［J］. 生态环境学报，2019，28(1)：143–151.

［23］ 万年鑫，黄强，郑顺林，等. 硝化/脲酶抑制剂对秋马铃薯植株及土壤氮素利用的影响［J］. 中国土壤与肥料，2021，291（1）：83–89.

［24］ Kee Lam S，Suter H，Bai M，et al. Using urease and nitrification inhibitors to deURIease ammonia and nitrous oxide emissions and improve productivity in a subtropical pasture［J］. Science of The Total Environment，2018，644（10）：1531–1535.

Effects of different fertilizer synergists on ammonia volatilization loss and yield of winter wheat in a calcareous fluvo-aquic soil

LIU Shi-teng，LIU Chun-li，LI Kai-chun，DU Chen-xi，PAN Shi-bin，JI Wen-feng，HAN Yan-lai，LI Pei-pei*（College of Resources and Environmental Sciences，Henan Agricultural University，Zhengzhou Henan 450000）

Abstract：Ammonia volatilization is an important way of nitrogen loss in calcareous soil. Severe ammonia volatilization will lead to a waste of nitrogen fertilizer resources and atmospheric environmental pollution. A field experiment was carried out to test ammonia volatilization of the winter wheat growing stages and winter wheat yield affected by nitrogen fertilizer synergists in a calcareous fluvo-aquic soil of Xuchang county，Henan Province. The field experiment was designed with four treatments：CK（without nitrogen fertilizer applied），urea only（U），urea with urease inhibitor（URI）and urea with nitrification inhibitor（NIF）. The results showed that the peak value of soil ammonia volatilization rate of different treatments appeared at 3rd week after fertilization，and it ranked as U>NIF>URI>CK. The maximum value of soil ammonia volatilization rate of the U treatment was 2.27% higher than that of the NIF treatment，and 21.84% higher than that of the URI treatment. The peak ammonia volatilization rate of the NIF treatment was 19.13% higher than that of the URI treatment. The order of ammonia volatilization accumulation of the four treatments during the winter wheat growing stages was CK<URI<U<NIF. Compared with the U treatment，ammonia volatilization accumulation of the URI treatment and the NIF treatment were not significantly decreased or increased. The ammonia volatilization loss rate of the three treatments with nitrogen fertilization were only ranged from 1.18% to 1.58%. Compared with the U treatment，the URI and NIF treatments significantly increased thousand grain weight and wheat yield. The wheat yield and nitrogen use efficiency of the URI treatment significantly increased by 14.9% and 19.7%，and NIF significantly increased by 25.9% and 28.6%，respectively. To sum up，only a limited ammonia volatilization loss（<2%）was detected in the winter wheat growth stage under the soil environment and fertilization management. The nitrification inhibitor CP has good market value for development and application，which showed the greater yield increase than urease inhibitor in the calcareous soil.

Key words：ammonia volatilization；urease inhibitor；nitrification inhibitor；calcareous fluvo-aquic soil；winter wheat