

段燕燕,张换换,王 强,等. 不同施氮量对春小麦-青贮玉米土壤氨挥发的影响[J]. 江苏农业科学,2020,48(9):93-97.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2020.09.017

不同施氮量对春小麦-青贮玉米土壤氨挥发的影响

段燕燕,张换换,王 强,孙礼仁,陈 杰,文 雯,王江丽

(石河子大学农学院/新疆生产建设兵团绿洲生态农业重点实验室,新疆石河子 832000)

摘要:在春小麦-青贮玉米复种体系中,探究不同施氮量对土壤氨挥发的影响。设置春小麦 3 个施氮量处理(0、360、480 kg/hm²,分别记作 N_{w0}、N_{w1}、N_{w2}),青贮玉米 3 个施氮量处理(0、150、255 kg/hm²,分别记作 N_{c0}、N_{c1}、N_{c2}),分别于春小麦开花-成熟期、青贮玉米开花-吐丝期采用密闭室法监测土壤氨挥发量,测定土壤含水量和 NH₄⁺-N 含量,以及与氨挥发量的相关关系。研究结果表明,前茬春小麦季施氮量的大小对土壤氨挥发量有明显影响,在一定范围内,随着施氮量增加,氨气挥发量增加,N_{w2}>N_{w1};后茬青贮玉米季土壤氨气挥发量表现为 N_{c2}>N_{c1}>N_{c0}。在春小麦季开花-成熟期土壤氨挥发量与土壤含水量的相关性较低,与土壤 NH₄⁺-N 含量的相关性较高;青贮玉米季开花-吐丝期土壤氨挥发量与土壤含水量呈强正相关,与土壤 NH₄⁺-N 含量呈中等正相关,适当减少灌水量等可以减少土壤氨挥发量。由研究结果得出,前茬春小麦施氮量为 360 kg/hm²、后茬青贮玉米施氮量为 480 kg/hm² 条件下的氨挥发量较少。

关键词:施氮量;氨挥发;春小麦;青贮玉米;复播体系

中图分类号:S151.9⁺5 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2020)09-0093-04

新疆地区光热资源丰富,非常适宜作物生长,然而在新疆北部地区,小麦收获后,有大约 90~105 d 的生育期没有利用,浪费了相应的光热资源^[1],属于典型的一熟有余,两熟不足。在小麦收获后,免耕复播青贮玉米,利用剩余时间,既可以充分利用土地和光热资源,也可以增加产量和收益,具有较好的发展前景。在植物生长发育过程中,氮素是非常重要的必需营养元素^[2],对于植物生命活动和促进现代农业生产的发展和技术进步,氮肥应用具有重要的作用。但近十几年来,随着我国农田对氮肥的投入加大,土壤氮素开始出现盈余,并出现持续增长趋势。发展农业获得高产的主要途径之一是增加氮肥的投入,但是氮肥施入后,会以各种形式损失,氮肥气态损失的重要途径是氨挥发^[3-4]。尿素是最普遍的氮肥,它进入土壤后迅速转化为 NH₄⁺-N 和 NO₃⁻-N,除了被作物吸收外,还会以其他形式进入大气和水体。

氨挥发是氮肥损失的主要途径之一,由于氨挥发损失,造成了经济损失和环境污染等问题,我国因农田施用氮肥造成的氨挥发可占整个氨排放总量的 33%^[5],这与我国氮肥高投入及高损失有关^[6-8]。为此,研究在春小麦-青贮玉米复种体系中土壤氨的挥发规律,提高氮肥利用率,减少氨挥发损失,充分发挥氮肥生产的效益已成为亟待解决的问题。本试验设置不同的施氮量,采用密闭式法研究春小麦-青贮玉米的土壤氨气挥发规律,以期合理施氮提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

本试验于 2017 年 3—10 月在新疆天业集团试验地进行(85.94°E,44.27°N),该试验地平均海拔 412 m,年平均日照时数为 2 865 h,≥10℃积温为 3 463.5℃,该地区年平均降水量为 207 mm,昼夜温差大,无霜期为 170 d,属于典型的大陆性干旱气候。该地区地下水位≥8 m,土质属中壤土,0~100 cm 土层平均容重为 1.52 g/cm³。速效氮含量为 42.35 mg/kg、速效磷含量为 4.87 mg/kg,速效钾含量为 216.10 mg/kg,有机质含量为 32 g/kg。

1.2 试验设计

前茬春小麦设 3 个施氮量处理(0、360、

收稿日期:2019-04-30

基金项目:国家自然科学基金(编号:31460334);国家科技支撑计划(编号:2012BAD42B03)。

作者简介:段燕燕(1996—),女,甘肃武威人,主要从事绿洲农业持续高效发展理论与实践研究。E-mail:3256696993@qq.com。

通信作者:王江丽,博士,副教授,主要从事绿洲农业持续高效发展理论与实践研究。E-mail:wjl200207@163.com。

480 kg/hm²,分别记作 N_{w0}、N_{w1}、N_{w2}),后茬青贮玉米在前茬 N_{w1} 基础上设 3 个施氮量处理(0、150、225 kg/hm²,分别记作 N_{c0}、N_{c1}、N_{c2}),其中 20% 基施,80% 追施,氮肥用尿素(含氮量 46%),不同施肥水平见表 1。每个处理设 3 个重复,小区面积为 15 m²。前茬春小麦选用新春 6 号,根据基本苗 550 万株/hm²、15 cm 等行距播种,滴灌带是按照 1 管 4 行配置;后茬青贮玉米选用的品种是新饲玉 13 号,在小麦收获后免耕复播,按照 18.5 cm 株距、60 cm 等行距种植,沿用前茬的滴灌带,采用 1 管 1 行配置。滴灌时间和滴灌量分别见表 2、表 3。其他肥水管理同大田。

表 1 滴灌春小麦-青贮玉米不同施氮水平

处理	春小麦施氮量 (kg/hm ²)	处理	青贮玉米施氮量 (kg/hm ²)
N _{w0}	0	N _{c0}	0
N _{w1}	360	N _{c1}	150
N _{w2}	480	N _{c2}	225

注:参考 2009 年,第八师滴灌春小麦产量 6 750~7 500 kg/hm²栽培技术要点(试行)。

表 2 不同生长阶段春小麦的灌溉量

生长阶段	滴灌分配比例 (%)	灌溉量 (m ³ /hm ²)
出苗期至分蘖期	20	900
分蘖期至拔节期	20	900
拔节期至孕穗期	25	1 125
孕穗期至开花期	15	675
开花期至乳熟期	15	675
乳熟期至完熟期	5	225

注:总灌溉量为 4 500 m³/hm²。

表 3 不同生长阶段复播青贮玉米的灌溉量

生长阶段	滴灌分配比例 (%)	灌溉量 (m ³ /hm ²)
出苗期至拔节期	25	750
拔节期至抽雄期	20	600
抽雄期至开花期	20	600
开花期至吐丝期	30	900
吐丝期至成熟期	5	150

注:总灌溉量为 3 000 m³/hm²。

1.3 取样时期和方法

1.3.1 取样时期 分别在前茬春小麦开花期至成熟期,后茬青贮玉米开花期至吐丝期取样。

1.3.2 氨挥发取样 监测田间土壤的氨挥发采用

密闭室法^[9]。密闭室采用聚氯乙烯(PVC)材料制成圆筒状,内径 13 cm,高 28 cm,随机置于自滴灌带始第 2 行和第 3 行之间,在圆筒内用铁架台架起蒸发皿,顶部密封,使用稀硫酸吸收挥发的氨,稀硫酸溶液浓度为 0.01 mol/L,加入 20 mL 到蒸发皿中。在每个小区随机布置 3 个氨挥发监测装置,氨挥发的动态监测时间为 6 d,在每天 08:00—09:00 加入稀硫酸溶液,第 2 天相同时间将蒸发皿中的稀硫酸倒出,装入新的稀硫酸,转入到带塞的三角瓶中并带回实验室待测。

1.3.3 土壤取样 用土钻法采集密闭室附近 20 cm 土层的土样,并重复 3 次。

1.4 氨挥发测定指标及方法

(1)氨挥发的测定采用 1.0 mol/L KCl 溶液浸提,用靛酚蓝比色法测定^[10]。(2)土壤含水量采用烘干法测定。(3)土壤 NH₄⁺-N 采用 2 mol/L KCl(水土比 5 mL:1 g)浸提,用分光光度计测定。

1.5 计算公式

1.5.1 氨挥发质量浓度的计算 用分光光度计测定配制的 2.5 μg/mL NH₄⁺-N 标准溶液,绘制标准曲线:y=0.032 8x+0.048 5(r²=0.996 6),根据标准曲线求氨挥发质量浓度。

1.5.2 土壤 NH₄⁺-N 含量的计算 计算公式:
土壤 NH₄⁺-N 含量(mg/kg)=[p(N)×V×D]/m。
式中:p(N)为查标准曲线而得测定液中 NH₄⁺-N 质量浓度(mg/L);V 为浸提液体积(mL);D 为浸出液稀释倍数,不稀释则 D=1;m 为土壤质量(g)^[10]。

1.6 数据处理

使用 Excel、SigmaPlot 12.5 等统计软件进行其他数据处理,并对数据进行分析。

2 结果与分析

2.1 前茬春小麦土壤中氨气的挥发规律

从图 1 可以看出,施入氮肥后,不同处理土壤氨气挥发量(以 NH₄⁺-N 质量浓度计,下同)变化趋势一致,表现为先增加后降低,N_{w2}处理的氨气挥发量增幅明显高于 N_{w1}。N_{w1}处理的氨气挥发量在施肥后 1 d 至 3 d 持续增长到最大值 6.14 mg/L,然后降低并趋于平稳。N_{w2}处理的氨气挥发量从施肥后 1 d 至 2 d 迅速增加,达到最大值 15.07 mg/L,比同一时间的 N_{w1}处理高 145.24%,然后降低到平稳状态。4 d 后 N_{w1}和 N_{w2}处理的氨气挥发量没有太大差异,不同施肥量对其影响较小。

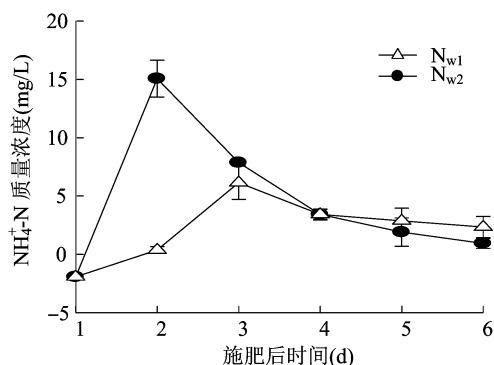


图1 前茬春小麦土壤中氨气挥发的动态变化

从图2可以看出,不同处理的土壤含水量随着时间的变化规律趋于一致,刚施氮后土壤含水量达到最大值(约18%),3个处理随时间的增加,其降低速率一致,施肥5 d后土壤含水量 $N_{w1} > N_{w0} > N_{w2}$,但差别不大。从图3可以看出,施肥后1 d 3个处

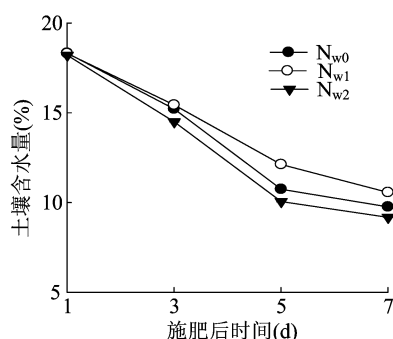


图2 前茬春小麦土壤含水量的动态变化

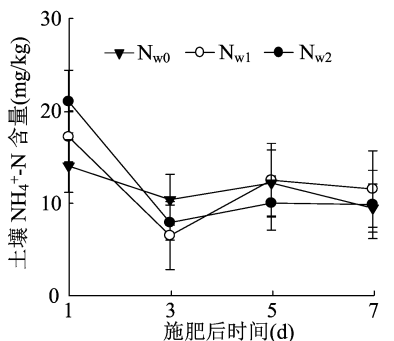
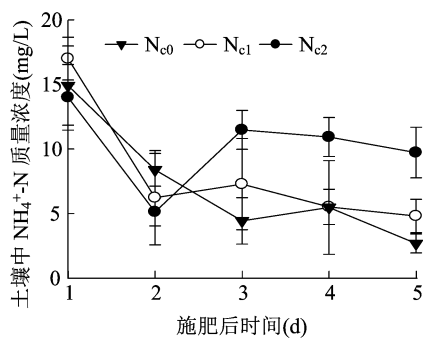
图3 前茬春小麦土壤中 NH_4^+-N 含量的动态变化

图4 后茬青贮玉米土壤中氨气挥发的动态变化

青贮玉米开花至吐丝期不同处理土壤含水量和土壤 NH_4^+-N 含量的动态变化见图5、图6,从图5可以看出,不同施氮量处理的土壤含水量随着时间的变化规律趋于一致,刚灌水施肥后土壤含水量达到最大值,从施肥后1 d至7 d,呈线性降低,降低速率趋于一致。从图6可以看出,不同处理的土壤 NH_4^+-N 含量随着时间的变化规律趋于一致,在施肥后1 d达到较大值,其中 N_{c2} 最高,为25.97 mg/kg,施肥后1 d至3 d的土壤 NH_4^+-N 含量处于较高水平,之后迅速下降,5 d后,土壤 NH_4^+-N 含量处于平稳状态,说明青贮玉米氮肥尿素的水解在5 d内基本完成。

2.3 土壤氨挥发与土壤含水量、土壤 NH_4^+-N 含量的相关关系

从表4可以看出,在春小麦季氨挥发量与土壤含水量之间相关性较低,与土壤 NH_4^+-N 含量之间相关性较高,并且与 N_{w1} 处理的相关性高于 N_{w2} 。在青贮玉米季,氨挥发量与土壤含水量呈强相关性,

理土壤 NH_4^+-N 含量达到最大值,按由大到小排序依次为 N_{w2} 、 N_{w1} 、 N_{w0} ;施肥3 d后,不同处理土壤中 NH_4^+-N 含量明显下降,后趋于平缓。

2.2 后茬青贮玉米土壤中氨气的挥发规律

青贮玉米开花期至吐丝期不同处理土壤中氨气挥发的动态变化见图4,不同处理的土壤中氨挥发在施肥后1 d达到最大值,大小顺序为 $N_{c1} > N_{c0} > N_{c2}$,在施肥后2 d明显下降,施肥后3 d N_{c2} 又上升之后缓慢下降,在3~5 d,氨挥发质量浓度大小顺序是 $N_{c2} > N_{c1} > N_{c0}$, N_{c1} 与 N_{c0} 相差不大。 N_{c2} 处理的氨气挥发量总体较高,施肥后1 d与2 d各处理之间差距不大,在3 d之后,与 N_{c0} 、 N_{c1} 相比, N_{c2} 处理氨挥发量高98%左右,可见较高的施氮量对氨气挥发产生明显影响。

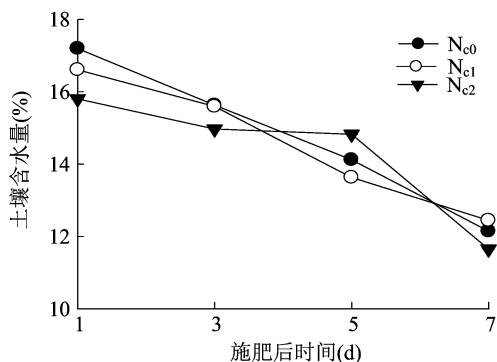


图5 后茬青贮玉米土壤含水量的动态变化

与土壤 NH_4^+-N 含量的相关性次之,不同处理的相关性由大到小依次为 N_{c2} 、 N_{c0} 、 N_{c1} 。

3 讨论与结论

3.1 不同施氮量对土壤氨挥发的影响

施肥量的大小对土壤氨挥发有显著影响^[11-12],朱兆良等研究发现,在我国农田氮肥的氨挥发损失率约为11%,只是氮肥损失的一个方面^[13]。相关

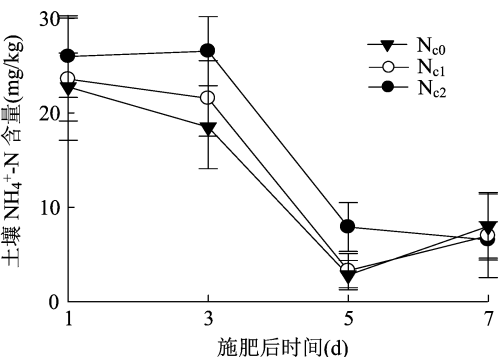


图6 后茬青贮玉米土壤中 NH₄⁺-N 含量动态变化

表 4 土壤氨挥发量与土壤含水量、NH₄⁺-N 含量的相关系数

处理	与春小麦土壤氨挥发量的相关系数		与青贮玉米土壤氨挥发量的相关系数	
	土壤含水量	土壤 NH ₄ ⁺ -N 含量	土壤含水量	土壤 NH ₄ ⁺ -N 含量
N ₀			0.861 8	0.574 6
N ₁	0.310 1	0.998 5	0.759 2	0.522 6
N ₂	0.115 9	0.772 6	0.921 9	0.630 9

研究发现,我国农田氮肥损失率为 33.3% ~ 73.6%,主要粮食作物氮肥利用率为 30% ~ 35%,农田氨挥发损失占施氮总量的 1% ~ 47%^[11,14]。本试验中,在一定范围内,随着施加的氮量增加,氨气挥发量增加,春小麦 N_{w1} 处理在开花期至成熟期氨挥发量在施肥后 3 d 达到最大值,为 6.143 3 mg/L, N_{w2} 处理在施肥后 2 d 达到最大值,为 15.066 1 mg/L,比 N_{w1} 处理高 145.24%,并且挥发最大量时间提前, N_{w2} 处理的挥发速率高。在青贮玉米开花期至吐丝期氨挥发在 3 d 后,与 N_{c0}、N_{c1} 处理相比, N_{c2} 处理氨挥发量较高,高 98%,表明较高的施氮量对氨气挥发产生明显影响,并且影响发生在施肥 3 d 后, N_{c2} 处理 3 d 后氨挥发量又升高的原因有待进一步研究。

3.2 不同作物对氮肥尿素水解速率的影响

不同作物对氮肥尿素水解速率有明显影响。土壤 NH₄⁺-N 含量在施肥后 1 d 达到最大值,3 d 后处于平稳状态,春小麦施入氮肥尿素的水解在 3 d 内基本完成,其间尿素转化成 NH₄⁺-N, NH₄⁺-N 转化成氨气还需要一段时间,一般推迟 1 ~ 2 d。土壤 NH₄⁺-N 含量在施肥后 5 d 后趋于平稳状态,说明青贮玉米尿素水解在 5 d 内基本完成。

3.3 土壤氨挥发量与土壤含水量、土壤 NH₄⁺-N 含量相关性

氨挥发速率与当天的温度和土壤中的 NH₄⁺-N 含量具有良好的正相关关系^[14-17]。本试验中春小麦氨挥发量与土壤含水量相关性较低,与土壤

NH₄⁺-N 含量相关性较高,青贮玉米氨挥发量与土壤含水量呈强相关性,与土壤 NH₄⁺-N 含量呈中相关性,在作物生长过程中注意水肥管理,适当减少灌水量可以降低土壤氨挥发量。本试验中在施肥后第 6 天的测量数据仍然维持在较高水平,肖娇等测量时间大于 10 d 的变化趋势较明显^[18],可能由于测量时间不足,相关变化规律还有待进一步研究阐明。

在春小麦季施氮量的大小对土壤氨挥发有明显影响,在一定范围内,随着施加的氮量增加,氨气挥发量增加, N_{w2} > N_{w1}。青贮玉米季土壤氨气挥发量表现为 N_{c2} > N_{c1} > N_{c0}。总体来说,在前茬施氮量为 360 kg/hm²、后茬施氮量为 150 kg/hm² 的条件下,氨挥发量较少。

参考文献:

[1] 桑志勤,陈树宾,段震宇,等. 不同施肥处理对复播青贮玉米植株性状和产量的影响[J]. 农业科技通讯,2012(9):41-45.

[2] Zhu Z L,Chen D L. Nitrogen fertilizer use in China - Contribution to food production, impaction the environment and best management strategies[J]. Nutrient Cycling in Agro economy Systems,2002,63: 117-127.

[3] Lin D X,Fan X H,Hu F,et al. Ammonia volatilization and nitrogen utilization efficiency in response to urea application in rice fields of the Taihu lake region,China[J]. Pedosphere,2007(17):639-645.

[4] Thompson R J. Gaseous Nitrogen losses and ammonia volatilization measurement following land application of cattle slurry in the mid - Atlantic region of the USA[J]. Plant and Soil,2004(266):231-246.

[5] Huang X, Song Y, Li M M, et al. A high - resolution ammonia emission inventory in China[J]. Global Biogeochemical Cycles, 2012,26(1):1-14.

[6] 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.

[7] Miao Y X, Stewart B A, Zhang F S. Long - term experiments for sustainable nutrient management in China. A review[J]. Agronomy for Sustainable Development,2011,31(2):397-414.

[8] 巨晓棠,谷保静. 我国农田氮肥施用现状、问题及趋势[J]. 植物营养与肥料学报,2014,20(4):783-795.

[9] 周广威,张 文,闵 伟,等. 灌溉水盐度对滴灌棉田土壤氨挥发的影响[J]. 植物营养与肥料学报,2015,21(2):413-420.

[10] 郑必昭. 土壤分析技术指南[M]. 北京:中国农业出版社,2013: 164-166.

[11] 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]. The Science of the Total Environment,2008,390(2/3):485-494.

闫军辉,刘金科,王娟,等. 南北过渡带浅层地温变化及其对冬小麦产量的影响——以河南省信阳市为例[J]. 江苏农业科学,2020,48(9):97-102.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2020.09.018

南北过渡带浅层地温变化及其对冬小麦产量的影响 ——以河南省信阳市为例

闫军辉^{1,2,3}, 刘金科¹, 王娟⁴, 卢山⁵, 张颖乐¹, 马彩杰¹, 刘芊¹

(1. 信阳师范学院地理科学学院, 河南信阳 464000; 2. 信阳师范学院河南省水土环境污染协同防治重点实验室, 河南信阳 464000; 3. 信阳师范学院气候与环境演变重点实验室, 河南信阳 464000; 4. 陕西省气候中心, 陕西西安 710014; 5. 河南省固始县气象局, 河南固始 465200)

摘要:利用南北过渡带地区河南省信阳市 1961—2017 年逐月 0~20 cm 浅层地温和 1992—2016 年冬小麦产量资料,采用数理统计方法分析过去 57 年信阳市浅层地温的变化特征,并定量估算不同地温对冬小麦产量的贡献率。结果表明:(1)1961 年以来信阳各层年平均地温均呈显著升高趋势,0 cm 地层升温幅度最大,10 cm 地层升温幅度最小,变化速率分别为 (0.396 ± 0.09) 、 (0.295 ± 0.08) $^{\circ}\text{C}/10$ 年,冬小麦生育期间各层平均地温也呈显著升高趋势;(2)1992—2016 年信阳市冬小麦实际产量以 (103.855 ± 19.801) $\text{kg}/(\text{hm}^2 \cdot \text{年})$ 的速率呈显著增加趋势,冬小麦气候产量大致经历了“高一低一高一低”的阶段波动,1992—1997 年和 2006—2012 年气候产量相对较高,1998—2005 年和 2013—2016 年则相对较低;(3)1992 年以来信阳市冬小麦生育期 5、10 cm 平均地温与冬小麦气候产量呈正相关关系,0、20 cm 地温与气候产量呈负相关关系,20 cm 地温对冬小麦气候产量的贡献率最大,为 42.3%,其次是 10 cm 地温(27.6%)和 5 cm 地温(23.2%),0 cm 地温的贡献率最小,为 6.9%。

关键词:浅层地温;冬小麦;实际产量;气候产量;气候变化;贡献率;南北过渡带地区;信阳市

中图分类号: S162.5⁺3 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2020)09-0097-06

联合国政府间气候变化专门委员会(IPCC)第 5 次评估报告指出,1880 年以来全球地表平均温度升高了 $0.65 \sim 1.06$ $^{\circ}\text{C}$ ^[1]。气候变化导致光、热、水等

气候资源分布格局重新调整,从而影响农业种植制度、品种布局和作物的生长发育,进而影响我国的粮食产量,对我国的粮食安全问题提出了新的挑战^[2]。有学者基于省级面板数据研究了气候变化对我国粮食产量的影响,发现降水和气温对粮食产量的影响具有显著的非线性关系^[3],黄淮海平原也呈类似的规律^[4];有学者基于 1981—2010 年我国气候观测记录,量化了小麦 10 个关键物候期的时空变化,发现小麦播种期、出苗期、3 叶期和乳熟期推迟,而分蘖期、拔节期、孕穗期、抽穗期、开花期和成熟期则呈提前趋势^[5]。区域尺度上,黄淮海地区冬小麦播种期推迟,生育期缩短^[6],与全国小麦物候期变化趋势基本一致。也有学者研究了气候变化对小麦生产的影响,指出当考虑 CO_2 肥效作用时,全

收稿日期:2020-02-04

基金项目:国家自然科学基金(编号:41501051,41701395);河南省高等学校重点科研项目(编号:20A170014);河南省高等学校哲学社会科学应用研究重大项目(编号:2020-YYZD-10);国家大学生创新创业训练计划(编号:201810477013);青海省自然地理与环境过程重点实验室开放基金(编号:2018-QZH-K04);河南省自然科学基金(编号:182300410114);信阳师范学院南湖学者奖励计划青年项目;信阳师范学院大学生科研基金(编号:2018-DXS-068)。

作者简介:闫军辉(1983—),男,河北定州人,博士,副教授,主要从事全球变化与自然灾害研究。E-mail:yanjh2015@126.com。

通信作者:刘金科,主要从事气候变化影响与适应研究。E-mail:liujk@126.com。

[12] 邓美华,尹斌,张绍林,等. 不同施氮量和施氮方式对稻田氨挥发损失的影响[J]. 土壤,2006,38(3):263-269.

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

[14] 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.

[15] 贺发云,尹斌,金雪霞,等. 南京两种菜地土壤氨挥发的研究

[J]. 土壤学报,2005,42(2):253-259.

[16] 宋勇生,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.

[17] Fan X H, Song Y S, Lin D X, et al. Ammonia volatilization losses from urea applied to wheat on a paddy soil in Taihu region, China [J]. Pedosphere, 2005, 15(1):59-65.

[18] 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[J]. 农业环境科学学报,2016,35(10):2011-2018.