

气候变暖对土壤化肥用量和肥效影响的实验研究

王修兰 徐师华

(中国农业科学院农业气象研究所, 北京 100081)

提 要

气候变暖对土壤肥料施用量和肥效有重要影响。通过对土壤分期增施 3 种水平的尿素实验,测定土壤中速效氮含量的动态变化,研究土壤肥效对温度的反应。结果表明,温度升高,土壤中速效氮释放量增大,释放速度加快,释放周期缩短。在 450—1125kg/ha 施肥水平下,每增温 1℃ 氮释放量平均增加 4%、释放周期缩短 3.6 天。同时,施肥量愈大,速效氮释放量也愈大,释放速度愈快。因此,在气候变暖的条件下,需相应增加施肥总量和施肥次数,减少每次施用量,提高肥效,减弱气候变暖对肥效的不利影响。

关键词: 气候变暖 化肥 肥效

引 言

全球温室效应引起气候变暖,据 IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) 专家预测^[1],2050 年全球平均气温将增加 2℃,到 21 世纪末将增温 4℃,这势必对农业生产有重要影响。气候变暖不仅涉及到作物生长、发育和产量,同时温度变化也强烈影响着土壤生物物理和化学变化过程,对土壤肥力的变化也有一定作用。氮、磷、钾是土壤肥料的主要三要素,其中氮最为活跃,其肥效对环境温度的变化非常敏感,温度增高会加速氮的释放。土壤中全氮含量是识别土壤肥力的一种指标,然而它并不能直接判断土壤某一时间内供给作物所需氮素的能力。这是因为全氮一般不能直接被植物吸收,必须经过土壤微生物分解转变成无机态氮才能为植物所利用。土壤微生物的活动以及由此引起土壤速效氮含量的变化都与温度密切相关。本文即通过对土壤分期增施不同用量尿

素的实验,测定土壤中速效氮含量的动态变化,探讨土壤肥效对温度的反应。这里没有考虑作物吸收氮的因素,只讨论不同温度下土壤速效氮含量的损失情况。

1 材料和方法

实验于 1993 年 3 月至 6 月在中国农业科学院农业气象试验站进行。供试土壤为砂壤土,pH 值 7—8,速效氮 24.4ppm,速效磷 13.3ppm,速效钾 136ppm,土壤有机质 4.7%。土壤过筛后置于直径 26cm、高 30cm 的实验容器内,实验期间适时浇水,保持中等湿润条件。

供试肥料为尿素,含氮量 45%,将尿素溶于水中均匀施于土表,其上再覆土 5cm,适当压紧。这样取样均匀,并减少尿素迅速挥发。

实验设计如表 1,共分 5 个处理,包括 2 种实验期和 3 种肥料水平。测定不同温度和肥料条件下土壤肥效的变化。

表1 实验处理设计

处理	A	B	C	D	E
肥料(kg/ha)	450	1125	450	1125	2250
开始日期(日/月)	1/4	1/4	1/5	1/5	1/5

第1期2种处理:A施尿素450kg/ha,B为1125kg/ha,自4月1日开始每隔10天取样(约40g)测定速效氮含量,直至其含量不再下降,5月20日结束。第2期C、D、E3种处理分别施用尿素450、1125、2250kg/ha,自5月1日开始,至5月30日结束。速效氮含

量用半微量定氮仪测定^[2]。实验期间的温度采用本试验站常规气象观测资料。

2 实验结果

表2为不同处理土壤速效氮含量的变化。 N 为速效氮含量(ppm), NR 为各测点相对于初始含量的百分率(%), $\Delta N/\Delta t$ 为相邻两次测量期间 N 的日均下降量(ppm/day), T 为实验期间的平均气温($^{\circ}\text{C}$), t 为旬平均气温($^{\circ}\text{C}$)。

表2 不同处理土壤速效氮的变化

时间 日/月	A			B			C			D			E			t $^{\circ}\text{C}$
	N	NR	$\frac{\Delta N}{\Delta t}$	N	NR	$\frac{\Delta N}{\Delta t}$	N	NR	$\frac{\Delta N}{\Delta t}$	N	NR	$\frac{\Delta N}{\Delta t}$	N	NR	$\frac{\Delta N}{\Delta t}$	
1/4	180			450												9.0
10/4	55	30.6	12.5	70	15.6	38.0										15.5
20/4	26	14.4	2.9	38	8.4	3.2										17.2
1/5	14	7.8	1.2	21	4.7	1.7	179			448			944			19.2
10/5	6	3.3	0.8	11	2.4	1.0	31	17.3	14.8	44	9.8	40.4	68	7.2	87.6	20.5
20/5	2	1.1	0.4	2	0.4	0.9	9	5.0	2.2	13	2.9	3.1	18	1.9	5.0	27.3
30/5							1	0.5	0.8	2	0.4	1.1	5	0.5	1.3	
$T/^{\circ}\text{C}$	16.7									22.3						

2.1 施肥量与速效氮

由表2可见,施肥量对速效氮含量及其释放量和释放速度有显著影响。(1)施肥量大,土壤氮含量高。尿素施用量450、1125、2250kg/ha的各处理,其初始含氮量分别为180、450和944ppm。(2)同一时期内,肥料用量愈高,速效氮的释放量愈多。从不同处理氮的阶段释放量可以看出这一趋势。第1期4月1日至10日,施肥量较少的A速效氮含量由180降至55ppm,释放125ppm;施肥量较高的B从450降至70ppm,释放氮380ppm。第2期5月1日至10日,施肥量较少的C释放氮148ppm;施肥量较多的D释放404ppm;施肥量最高的E释放量高达876ppm。(3)施肥量愈高,速效氮释放速度愈快,释放速率随时间下降愈烈。这在施肥10

天之内表现尤为突出。从各阶段日均下降量 $\Delta N/\Delta t$ 可见,第1期A由12.5ppm/day降至0.4ppm/day;随着施肥量增加,B由38.0ppm/day降至0.9ppm/day,其下降速度明显高于A。第2期的C、D、E也不例外,日均释放速度及其下降速率 $E>D>C$ 。另外,从各阶段速效氮含量占初始含氮量的百分率 NR 也可看出,4月10日A的含氮量是4月1日的30.6%,而B仅为15.6%;5月10日C、D、E各处理含氮量分别是5月1日的17.3%、9.8%和7.2%。说明氮的释放速度随施肥量的增高而加快。(4)各处理随着时间的延续,上述各因子的差异逐渐减小。第1期到5月20日,A与B的 N 、 $\Delta N/\Delta t$ 、 NR 已基本一致或相差甚小;第2期至5月30日C、D、E各处理上述因子亦无明显差异。

图1和图2分别为两期处理A、B和C、D、E速效氮含量随时间的动态变化曲线。横坐标为日期。由图可见,自施肥之日起,土壤中速效氮含量随时间推移由迅速至缓慢呈指数律下降。由于施肥量的不同,图中各条曲线起点相差很大,但10天以后彼此的差距显著缩小,30天后已非常接近(A、B)或基本一致(C、D、E)。曲线的曲率随施肥量的增加而增大,即施肥量愈高,曲线变化幅度愈大,变化速率愈快。

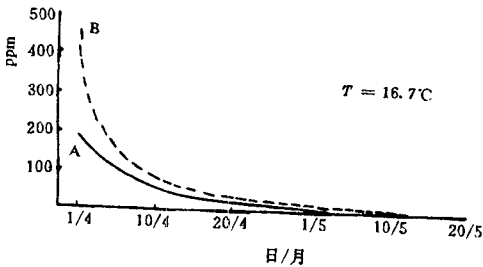


图1 第1期2种处理的速效氮动态变化曲线

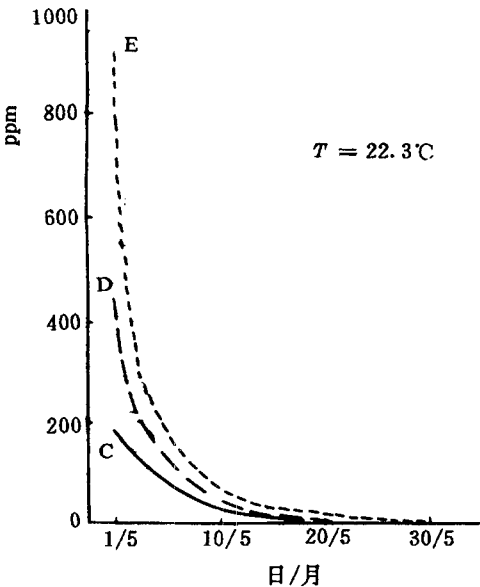


图2 第2期3种处理的速效氮动态变化曲线

2.2 温度与速效氮

以上氮素肥效的时间变化,实质上与温度变化密切相关。从表2可以看出,温度对速

效氮的释放过程有重要的作用。

2.2.1 温度升高,速效氮释放周期缩短。第1期4月1日至5月20日平均温度 16.7°C ,A、B处理约经50天土壤中速效氮几乎全部释放完毕($N=2\text{ppm}$, $NR\leq 1.1\%$);第2期5月1日至30日平均温度为 22.3°C ,只需30天C、D、E各处理的氮就几乎耗尽($N\leq 5\text{ppm}$, $NR\leq 0.5\%$)。从而表明速效氮的释放周期随温度升高而明显缩短。第2期比第1期平均温度升高 5.6°C ,释放周期缩短约20天,即平均每升温 1°C ,周期缩短约3.6天。

2.2.2 温度升高,速效氮的释放量增大,释放速度加快。对于施肥量相同的A、C($450\text{kg}/\text{ha}$)和B、D($1125\text{kg}/\text{ha}$),温度的影响是显而易见的。以施肥后第10天为例,A处理旬平均气温 9.0°C ,速效氮的旬释放量 125ppm ,NR为30.6%;而同一施肥量的C处理,旬气温 19.2°C ,旬释放量 148ppm ,NR仅为17.3%。即温度增高 10.2°C ,氮日均释放量增加2.3ppm,NR下降率增加13.3%。对于施肥量较高的B、D也有类似结果,施肥10天后的B在 9.0°C 温度条件下日均释放氮 38.0ppm ,NR为15.6%;而相同施肥量的D,在 19.2°C 条件下日均释放氮为 40.4ppm ,NR仅为9.8%。即温度升高 10.2°C ,速效氮的日均释放量增加2.4ppm,NR的下降率增加5.8%。

图3、图4分别为两种施肥量在不同温度水平下速效氮释放过程的动态变化曲线。横坐标代表施肥后的天数,纵坐标为土壤速效氮含量。由图可见,随着温度升高,曲线曲率增大,氮的释放速度加快、周期缩短。温度升高加速了土壤中肥料的分解,使得氮释放量增多、速度加快。

2.2.3 温度对肥效的影响因施肥量而异。由

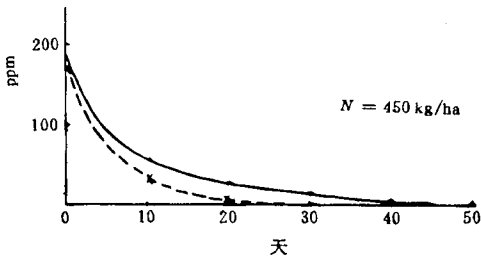


图3 不同温度水平速效氮的动态变化曲线
实线为A处理($T=16.7^{\circ}\text{C}$)
虚线为C处理($T=22.3^{\circ}\text{C}$)

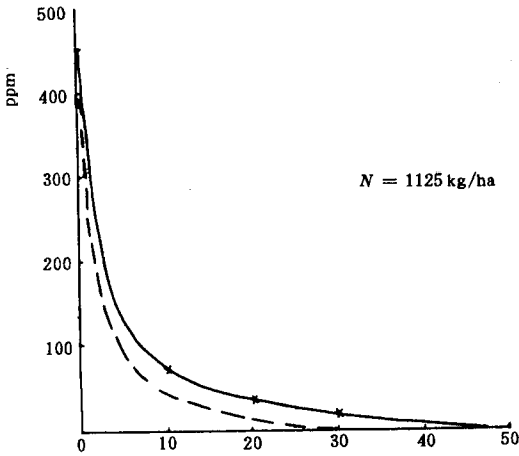


图4 不同温度水平速效氮的动态变化曲线
实线为B处理($T=16.7^{\circ}\text{C}$)
虚线为D处理($T=22.3^{\circ}\text{C}$)

表2可以计算得到,当温度从 15.5°C 升至 27.3°C ,在 450kg/ha 施肥水平下,氮的释放率(在该温度段内氮的释放量占初始含氮量的百分率)随温度的增长为 $3.8\%/^{\circ}\text{C}$;在 1125kg/ha 施肥水平下为 $4.4\%/^{\circ}\text{C}$ 。由此表明,温度每增加 1°C 引起氮释放率的增长随施肥量的增加而增大。

由于上述温度条件与作物适宜生长期的温度环境较为接近,因此可以认为在施肥水平 $450\text{—}1125\text{kg/ha}$ 条件下,作物生长季氮肥释放率随温度平均增长约 $4\%/^{\circ}\text{C}$ 。

3 情景分析

根据实验资料可以得出,在当前生产水平下,1次施用尿素 450kg/ha ,相当于增施 202.5kg/ha 的氮肥,在 $15\text{—}28^{\circ}\text{C}$ 温度范围内,增温 1°C 其氮的损失约增加 4% ,亦即同一时期增温 1°C 需补充 4% 的氮肥。

根据IPCC提供的气候变化情景预测,若以现行能源结构和生态环境破坏程度,到2050年全球气温升高 2°C ,由此可推算因温度增高的影响,即纯氮肥1次施用量约需增加 8% ,若全年平均施肥4次(包括复种),则需增加 32% ,到下世纪末气温增高 4°C ,纯氮肥1次施用量需增加 16% ,全年增加 64% 。

我国目前全年纯氮肥施用总量为1756万吨^[3],因气候变暖而增加速效氮损失,仅此一项,到2050年估计氮肥年用量将增加560万吨,下世纪末需增加1100万吨。

本实验仅讨论了温度升高对裸土速效氮肥效的影响,若考虑温度升高加速作物对氮肥的吸收作用,则氮肥的损失将更多、更快。

4 结论

4.1 温度增高,速效氮的释放量增大。在 $15\text{—}28^{\circ}\text{C}$ 温度范围内,施用尿素 $450\text{—}1125\text{kg/ha}$ 水平下,温度增高 1°C ,速效氮释放量平均增加 $4\%/^{\circ}\text{C}$ 。

4.2 温度增高,速效氮的释放速度加快,释放周期缩短。在 $450\text{—}1125\text{kg/ha}$ 尿素施用条件下,平均每增温 1°C ,释放周期缩短3.6天。

4.3 相同温度条件下,尿素施用量越大,速效氮释放量也越大。施尿素 450kg/ha 的土壤,在 9°C 条件下,经10天速效氮损失(69.4%)比施用尿素 1125kg/ha 的土壤损失(84.4%)减少 15% ;在 19.2°C 条件下10天速效氮的损失,施肥 450kg/ha 的比 1125kg/ha 的减少 7.5% ,比 2250kg/ha 的减

少 22.1%。

4.4 速效氮在土壤中的释放量随时间延续而减少,释放过程几乎集中在前 20 天,尤以前 10 天最多,前 10 天释放量占速效氮总量 70%—93%;前 20 天占 86%—98%。释放过程因温度而异。

4.5 大气 CO₂ 浓度上升引起全球气候变暖,预计 2050 年气温增高 2℃,尿素每次施用量需增加 8%左右;21 世纪末气温增高 4℃,尿素 1 次施用量需增加 16%。

5 对策

5.1 根据氮肥释放量与施肥量及温度的关系,应当适当掌握化肥施用量,改一次大量施肥为少量多次施肥,以减少化肥的损失。

5.2 根据不同温度下氮释放随时间变化的规律,应掌握施肥时间,以作物吸收量最大、最快的生育阶段肥效最佳。这在气候变暖后显得更为重要。

5.3 根据氮释放速度与温度的关系,在气候变暖条件下,应改进施肥方式,深施氮肥(10—15cm),以减慢氮的损失。

5.4 研制适应气候变暖的新肥产品,要求肥效长、受温度影响小,有利于作物的吸收。

参考文献

- 1 IPCC. 1992 IPCC Supplement scientific assesment of climate change, 10—19, Cambridge University press.
- 2 李培清. 新疆土壤分析. 乌鲁木齐: 新疆人民出版社, 1983: 61—67.
- 3 中国农业年鉴 1993. 北京: 农业出版社, 1993: 438.

The Experimental Study on the Effect of Climate Warming on Fertilizer Amount and Efficiency in the Soil

Wang Xiulan Xu Shihua

(Institute of Agrometeorology, Chinese Academy of Agricultural Science, Beijing 100081)

Abstract

Climate warming has important effects on fertilizer amount and efficiency in the soil. By the use of the soil fertilizer experiment under 3 urea levels with parting period, the changes of rapidly available nitrogen (N) content in the soil are measured and the responses of the soil fertilizer efficiency to temperature are studies. The results show that the release amount of N increases in the soil when temperature goes up, and the release period shortens when the release speed is up. When temperature increases 1℃, release amount of N enhances 4% on the average and release period shortens 3.6 days. In addition, the greater fertilizer amount, the more release amount of N is, and the quicker release speed will be. Therefore in conditions of climate warming, total is fertilizer amount and frequency should be increased relatively, but amount each time should be decreased, thereby enhancing fertilizer efficiency, reducing disadvantageous impact of climate warming on fertilizer efficiency.

Key Words: climate warming fertilizer fertilizer efficiency