

稻麦轮作条件下化肥氮素对土壤氮的替换作用*

卢 萍¹ 杨林章^{1†} 颜廷梅¹ 殷士学²

(1 中国科学院南京土壤研究所, 南京 210008)

(2 扬州大学环境科学与工程学院, 江苏扬州 225009)

摘 要 采用盆栽实验, 第 1 季水稻生长期内施入 ¹⁵N 标记硫酸铵, 在以后的各季作物生长期内使用非标记硫酸铵, 连续 5 季实施稻麦轮作, 在每一季结束后采样测定 ¹⁵N 标记硫酸铵的去向, 并利用土壤中 ¹⁵N 残留量数据计算了不同施肥强度下土壤氮被替换的速率, 以此反映人们对土壤氮素干预的程度。计算结果是: 假设肥料氮一旦进入土壤就看成是土壤氮, 那么肥料氮替换 50% 的土壤氮因施肥量不同需要 7~60 a (14~121 季); 如果将作物成熟以后残留于土壤的肥料氮看成是土壤氮, 那么替换 20% 的土壤氮因施肥量不同需要 3~7 a (5~15 季), 替换 30% 的土壤氮需要无限长时间。

关键词 标记氮肥; 残留氮; 土壤氮; 替换率; 计算方法
中图分类号 S158.2 **文献标识码** A

人类对土壤的任何一种干扰最终由土壤所发生的变化反映出来。但是, 当人们试图度量土壤发生的变化并用来反映土壤被干扰的程度时却往往力不从心。土壤学中不乏这类事例。改草地为农田是人类对土壤的干扰, 这种干扰一看便知, 但是要找到一些土壤学指标(土壤发生的变化)来反映这种干扰程度就不那么容易。施肥也是一种对土壤的干扰活动, 人们可以准确地计量施肥量, 但是如果测定施肥给土壤带来什么变化, 进而用这些变化来反映施肥对土壤的干扰程度就非常困难。从土壤学角度来看, 改草地为农田以及施肥等人类活动只是导致土壤发生变化的原因, 土壤本身的变化是结果; 用结果来反映人类活动对土壤的干扰程度应该比用原因更具土壤学意义。遗憾的是, 现有文献中较多的是施肥(包括长期施肥)对土壤肥力的影响^[1~4]、肥料在土壤中残留等^[5,6], 近年来更多一些对土壤、环境的影响方面的研究^[7,8], 而少有关于能够直接反映施肥对原有土壤氮干扰程度的某种土壤学指标报道。

持续不断地投入化学氮素肥料是维持农田土壤生产力的主要措施。化肥氮进入土壤以后, 会与土壤、作物、微生物发生相互作用而有多种去向。无论去向如何, 每次投入的氮肥总有一部分持留于土壤

中。经过一定时间, 持留于土壤中的肥料氮成为土壤氮素的一部分(被称之为“库交换作用”^[9,10])。因此, 长期施用氮素肥料实际上会部分地替换掉土壤原有氮素。一个农业生态系统, 如果施肥和轮作制度长期不变, 土壤氮素总量一般会维持在一个相对稳定的数值^[4,11](相当于一种“平衡”状态), 这就有可能计算出土壤氮素被肥料氮替换的程度。土壤氮素被肥料氮替换的程度可以度量施肥这一农事活动对土壤的干扰程度。

按照这个思路, 本研究考察了稻麦轮作条件下第一季水稻施用 ¹⁵N 标记化肥氮在后续 5 季作物生长过程中的去向, 并根据这些数据计算土壤原有氮素被肥料氮替换的程度, 旨在探讨一种度量施肥对土壤干扰程度的方法。

1 材料与方法

1.1 试验设计

于 2002 年稻季开始在中国科学院常熟生态站内进行稻麦轮作盆栽试验, 到 2004 年稻季结束, 共进行了 3 个稻季 2 个麦季的试验。供试作物水稻品种为苏香粳, 小麦品种为扬麦 10 号。供试土壤为常

* 国家重点基础研究发展计划“我国农田生态系统重要过程与调控对策研究”(2005CB121100)资助

† 通讯作者, E-mail: lzyang@issas.ac.cn

作者简介: 卢萍(1981~), 女, 江苏靖江人, 博士研究生, 主要从事农业生态系统物质循环方面的研究。E-mail: luping@issas.ac.cn

收稿日期: 2005-11-30; 收到修改稿日期: 2006-03-20

熟谢桥黄泥土。该土壤长期实施稻麦轮作。土壤基本理化性状见表 1。

表 1 供试土壤基本理化性质

Table 1 Basic properties of the soil used

全氮 Total nitrogen (g kg ⁻¹)	全磷 Total phosphorus (g kg ⁻¹)	全钾 Total potassium (g kg ⁻¹)	有效磷 Available phosphorus (mg kg ⁻¹)	速效钾 Available potassium (mg kg ⁻¹)	有机质 Organic matter (g kg ⁻¹)	CEC (cmol kg ⁻¹)
1.94	0.89	42.5	29.6	88.5	27.25	16.26

试验采用有底白瓷盆钵,每盆装风干碎土 4 kg。试验设无氮对照(CK)、低施氮量(LN)、中施氮量(MN)和高施氮量(HN)4个处理。考虑到水稻和小麦需氮量不同而设计不同施氮量(表 2)。除对照

外,每盆施入 4.767 g 过磷酸钙、1 g 氯化钾以保证磷钾元素的充足供应,其他营养元素不予考虑。水稻于 7 月 21 日三叶期移栽;小麦于 11 月 15 日直播。不同年份移栽或播种日期稍有不同。

表 2 水稻和小麦施肥量处理

Table 2 Fertilization rates of rice and wheat in different treatments

作物 Crop	施肥水平 Fertilization rate (N mg kg ⁻¹ soil)			
	CK ¹⁾	LN ²⁾	MN ³⁾	HN ⁴⁾
水稻 Rice	0	200	300	400
小麦 Wheat	0	167	250	333

1) CK:对照 Control;2) LN:低施氮量 Low nitrogen fertilization rate;3) MN:中施氮量 Middle nitrogen fertilization rate;4) HN:高施氮量 High nitrogen fertilization rate. 下同 The same below

水稻季节氮肥分配按基肥 分蘖肥 穗肥 3 3 4 的比例以溶液形态分别于 7 月 20 日、8 月 5 日和 9 月 10 日施入。麦季氮肥分配按基肥 返青肥 拔节肥 3 3 4 的比例分别于 11 月 25 日、2 月 12 日、3 月 4 日施入。

首季水稻施用¹⁵N 标记肥料(¹⁵NH₄)₂SO₄,¹⁵N 丰度 20.40%,后季所施氮肥为非标记(NH₄)₂SO₄。每季作物收获后,取植株分析¹⁵N 含量。然后,逐钵取出全部土壤,挑出残茬残根,重新磨碎混匀后取少量土样测定土壤中残留¹⁵N 含量,其余土壤装入原钵种植下一季作物。土样处理过程中严格避免不同盆土壤之间的交叉污染。

1.2 样品采集及分析测试

植株样品 105 下杀青、烘干、磨碎、过 0.25 mm

筛;土壤样品室温风干磨碎过 60 目筛。开氏法消煮样品,蒸馏-硼酸吸收法测定植株和土壤全氮量^[12]。保留滴定至终点的氮素样品,过量加入 2 滴标准 0.01 mol L⁻¹HCl,蒸发至 0.2 ml, Finnigarr-MAT-251 质谱仪测定¹⁵N 丰度。具体方法参考文献^[13]。样品处理的每一环节按照文献^[14]严格避免¹⁵N 交叉污染。

2 结果

2.1 作物生长量

LN、MN、HN 三种施肥水平下,各季作物生长量列于表 3。不同年份作物生长量有较大差别,但是相同季节生长量随施氮量升高而升高。相同处理生长量的标准偏差在可接受范围内。日常观察和这些数据都表明盆栽作物生长正常。

表 3 各季作物地上部生长量

Table 3 Aboveground biomass of crops(g pot⁻¹; mean ± std)

种植季数 Seasons of cropping	施肥水平 Fertilization rate		
	LN	MN	HN
第 1 季(水稻)No. 1 (Rice)	49.0 ±4.5	55.0 ±2.2	71.5 ±7.4
第 2 季(小麦)No. 2 (Wheat)	20.2 ±3.2	21.4 ±2.7	16.2 ±4.9
第 3 季(水稻)No. 3 (Rice)	38.1 ±4.6	67.4 ±4.2	82.3 ±10.9
第 4 季(小麦)No. 4 (Wheat)	17.9 ±1.2	17.3 ±2.6	15.5 ±1.5
第 5 季(水稻)No. 5 (Rice)	60.5 ±2.8	106.0 ±6.3	118.6 ±3.7

2.2 作物吸收的标记氮

LN、MN、HN 三种施肥水平下,各季作物吸收的标记氮肥列于表 4。施入的标记氮有 28.9% ~ 38.7% 被第 1 季作物(水稻)吸收,与前人在相似条件下得到的结果^[15,16]相近。水稻吸收的总氮量(结

果未示)中有 46.4% ~ 62.4% 为标记氮。残留于土壤中的标记氮对后季作物仍然有效。水稻与小麦相比,前者能够吸收更多的残留氮,表明前者能更有效地利用残留的肥料氮。

表 4 作物吸收标记氮肥的量

Table 4 Plant uptake amount of ¹⁵N-labelled nitrogen (N mg pot⁻¹; mean ±std)

种植季数 Seasons of cropping	施肥水平 Fertilization rate		
	LN	MN	HN
第 1 季(水稻) No. 1 (Rice)	238.7 ±22.9	374.5 ±26.2	620.3 ±51.8
第 2 季(小麦) No. 2 (Wheat)	16.2 ±1.6	19.6 ±0.4	15.2 ±5.6
第 3 季(水稻) No. 3 (Rice)	15.5 ±2.4	46.2 ±2.3	82.9 ±21.9
第 4 季(小麦) No. 4 (Wheat)	12.5 ±2.1	14.8 ±3.2	12.5 ±2.7
第 5 季(水稻) No. 5 (Rice)	19.4 ±1.8	75.9 ±15.2	85.2 ±13.0

2.3 标记氮在土壤中的残留

标记氮在土壤中的残留量列于表 5。施入的标记氮在作物收获以后有 33.1% ~ 36.0% 残留于土壤中(残留率);经过 5 季作物生长以后残留率为

8.3% ~ 17.8%。因为每季作物都会或多或少地吸收残留氮,所以可以预期 5 季以后土壤中的残留氮还会继续下降。

表 5 土壤中残留标记氮肥的量

Table 5 Residual amount of ¹⁵N-labelled nitrogen (N mg pot⁻¹; mean ±std)

种植季数 Seasons of cropping	施肥水平 Fertilization rate		
	LN	MN	HN
第 1 季(水稻) No. 1 (Rice)	264.9 ±35.5	410.6 ±31.0	575.2 ±62.0
第 2 季(小麦) No. 2 (Wheat)	227.4 ±55.06	343.2 ±30.8	459.6 ±24.4
第 3 季(水稻) No. 3 (Rice)	171.8 ±15.7	235.9 ±28.7	253.0 ±7.0
第 4 季(小麦) No. 4 (Wheat)	158.2 ±23.5	203.5 ±4.3	243.7 ±9.3
第 5 季(水稻) No. 5 (Rice)	142.4 ±19.7	124.0 ±11.4	133.1 ±11.5

2.4 标记氮的损失量

第 1 季作物以施入的标记氮为基数,扣除作物吸收和土壤残留,剩余部分计为损失;损失量占施入量的百分数为损失率。后季作物以前茬残留氮为基数同理计算损失率。测得的标记氮损失率示于图 1。标记氮经过第 1 季作物生长损失率为 27.2% ~ 43.6%;残留的标记氮在后季作物生长过程中仍有损失,但损失率逐渐降低。水稻与小麦相比,前者吸收残留氮肥的量高于后者(表 4),残留氮损失率也相应的高(图 1),说明氮素损失与作物生长有关。第 5 季作物生长过程中,残留氮的损失率为 3.7% ~ 7.0%。如果把经过 5 季作物生长以后

残留于土壤中的标记氮视为土壤氮的一部分,那么此时的损失率可近似看成是土壤氮的损失率。同理,此时残留氮的利用率可近似视为土壤氮的利用率。

2.5 肥料氮对土壤氮替换程度的计算

一季作物施入的氮肥通常分几次施入(如本试验中按比例分 3 次施入),但为了计算方便姑且看成是一次性施入。分两种情况拟合土壤中标记氮的变化规律:1) 标记氮一旦施入土壤以后,便被看作是替换土壤原有氮的开始(即被看成是残留于土壤中的肥料氮);2) 把一季作物成熟以后土壤中残留的标记氮看成是替换土壤原有氮的开始。

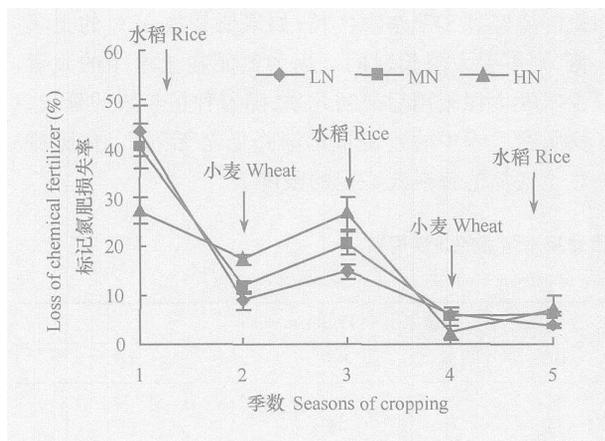


图1 标记氮肥的损失率

Fig.1 Loss of chemical nitrogen fertilizer

先采用不同的数学方程对数据进行试拟合,得到不同的拟合曲线,从中挑选拟合最好的一种(以 R^2 值衡量)。第一种情况下(从刚施入肥料氮时算起)指数函数拟合最好(图2A);第二种情况下(从一季作物收获后算起)幂函数拟合最好(图2B)。

假设施肥(品种、数量等)和农作制度(稻麦轮作)不变,以后每季施入的氮肥都将按照图1所示的规律变化。前一季作物收获以后残留于土壤的肥料氮与后一季作物收获以后残留于土壤的肥料氮叠加,使得肥料氮在土壤中不断积累。以第一种情况

下的高施氮量处理(图2A)为例:拟合种植不同季数氮肥在土壤中的残留量得计算公式:

$$y = 398.77x^{-1.2920} \quad (1)$$

式中, x 为时间,单位为“季数”;第1季作物施肥时测得土壤中标记氮作为时间 $x=1$ 时的残留氮, $y_1 = 398.77 \times 1^{-1.2920}$,第1季收获后测得的标记氮作为时间 $x=2$ 时的残留氮, $y_2 = 398.77 \times 2^{-1.2920}$,第2季收获后测得的标记氮作为时间 $x=3$ 时的残留氮, $y_3 = 398.77 \times 3^{-1.2920}$,其余类推。则经过 n 季连续施肥以后土壤中肥料氮的累积量可以计算出来:

$$\text{土壤中的肥料氮累积量} = 398.77 \times 1^{-1.2920} + 398.77 \times 2^{-1.2920} + \dots + 398.77 \times n^{-1.2920} \quad (2)$$

同理,第二种情况下高施氮量处理(图2B)的肥料氮累积量为:

$$\text{土壤中的肥料氮累积量} = 214.22e^{-0.3599 \times 1} + 214.22e^{-0.3599 \times 2} + \dots + 214.22e^{-0.3599 \times n} \quad (3)$$

式(3)中 x 同样为“季数”,但计算方法与式(2)不同:第1季收获后测得的标记氮作为时间1时的残留氮,第2季收获后测得的标记氮作为时间2时的残留氮,其余类推。

式(2)和式(3)均为项数不定的方程,无法按照常规的数学方法直接求解,但是可以在预设替换率(土壤中肥料氮累积量占土壤原有氮总量的百分数)情况下用逐步尝试法得到 x 近似值,即土壤原有氮的替换周期,结果示于表6。

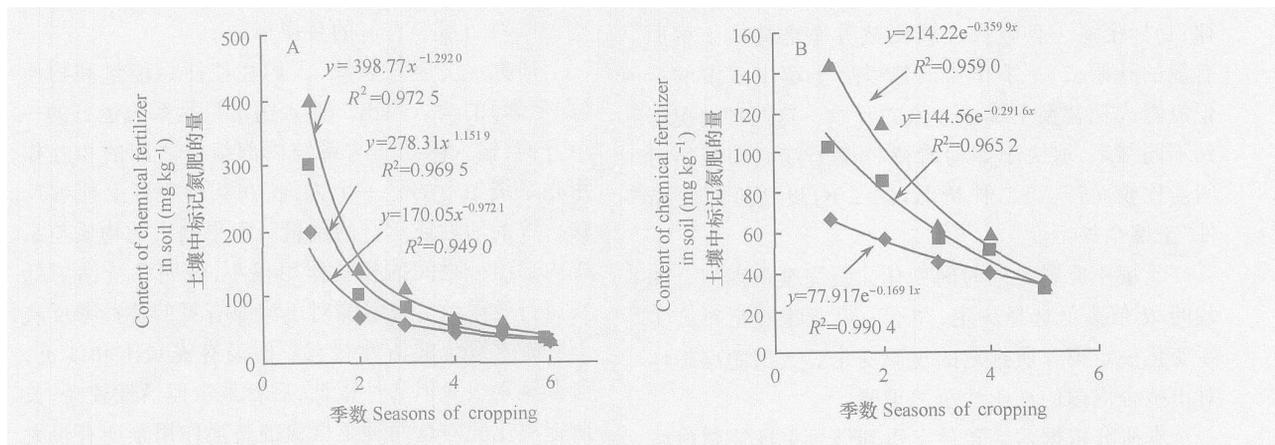


图2 土壤中残留标记氮肥的变化

(A:从刚施入肥料氮时算起;B:从一季作物收获以后算起)

Fig.2 Changes of ^{15}N residues in soils against time under different fertilization rates

以表 6 中高施肥量处理为例,如果从肥料氮施入土壤立即算起,经过 2 季作物,土壤中有 30% 的氮为肥料氮;经过 14 季作物,土壤中有 50% 的氮为肥料氮;经过 48 季作物,有 60% 的氮为肥料氮。但是如果从作物收获以后算起,那么替换 20% 的土壤

氮需要经过 5 季作物生长;如果要替换 30% 的土壤氮,则需要无限长时间。因为氮肥在土壤中的残留主要发生在施用后最初几季,随着种植年限的延长,氮肥在土壤中的残留量逐渐降低至无限小,化肥氮对土壤氮的替换有一定的限度。

表 6 不同施肥水平下各土壤替换率所需的替换周期

Table 6 Replacing time of soil nitrogen by fertilizer nitrogen in different replacement rates (Seasons of cropping)

起始计算时间 Initial time	替换率 Replacement rate (%)	施肥水平 Fertilization rate		
		HN	MN	LN
从刚施入肥料氮时算起 Calculated with fertilizer application	30	2	5	15
	50	14	45	121
	60	48	182	325
从一季作物收获以后算起 Calculated after first crop harvest	20	5	9	15

3 讨论

过去有很多文献报道过化肥¹⁵N 在土壤中的残留量随时间的变化^[6,16,17],但是这些文献一般都是为了考察化肥¹⁵N 的后效,没有注意可以利用¹⁵N 残留量来计算化肥氮对土壤氮的替换作用。本文以¹⁵N 化肥在土壤中残留量变化为依据,进一步计算化肥氮对土壤氮的替换作用。

3.1 计算方法

本文分两种情况拟合土壤中标记氮的变化规律:1) 标记氮一旦施入土壤便被看作是替换土壤原有氮的开始;2) 一季作物成熟以后土壤中残留的标记氮看成是替换土壤原有氮的开始。这两种情况得到不同结果,取决于如何看待替换土壤氮的开始时间。比较而言,第二种情况(图 2 B)更贴近假设条件“土壤全氮不变”。

土壤中肥料氮随时间变化曲线完全根据拟合曲线的 R^2 值高低选择决定,并不一定意味着肥料氮实际变化一定遵守所选定的规律变化。数据的准确性对于拟合规律的准确性至关重要。

本研究依据盆栽条件下得到结果来计算肥料氮对土壤氮的替换率。盆栽条件与大田实际情况有很大差别,因此本文计算出来的结果并不能直接外延至田间实际情况,但这不影响本文报道的计算方法的有效性。换句话说,如果在大田进行¹⁵N 标记试验,可以用相同方法计算肥料氮对土壤氮的替换率。这正是本研究的主要目的。此外,计算结果虽然不能直接外延到田间实际情况,但是可以得到一个概

念:肥料氮可以在一定年限内替换一定的土壤氮素。

3.2 计算肥料氮对土壤氮替换率的意义

化肥氮对土壤氮的替换作用,反映了施肥对农田土壤的干预程度。对于农田来说,施肥是保持土壤生产力的主要手段。施肥量高,肥料氮替换土壤氮的速度快,施肥量低替换的就慢(表 6)。其他来源的氮素如生物固氮、大气沉降、灌溉水带入等与施肥相比所占比例极小,可以忽略其对农田土壤氮素的替换作用。对于不施肥的自然生态系统(如原始森林、天然草地等),生物固氮、大气沉降带入的氮则相对较高,如果有办法标记则可按照同理计算出这些氮素对土壤原有氮的替换率。

研究一个生态系统,人们往往注意能量和物质(如氮素)的输入输出。输入输出只是系统运行的一个方面,输入的物质与系统内部组分之间的相互作用是系统运行的另一个方面,在某种程度上能够反映系统的活性或运行的质量。如果输入的物质与系统内部组分之间的相互作用很小,说明系统活力低或运行效率低。外源氮对土壤原有氮的替换率反映土壤氮素系统的活性状态。假设有泥炭土和沙土,前者氮素很多但活性很低,后者虽少但活性较高;长期施用化肥对这两种土壤氮的替换作用预期有很大差别。因此,外源氮对土壤原有氮的替换率用于比较不同土壤、不同生态系统时具有生态学意义。

参考文献

- [1] 孟磊,蔡祖聪,丁维新. 长期施肥对土壤碳储量和作物固定碳的影响. 土壤学报, 2005, 42(5): 769 ~ 776. Meng L., Cai Z. C., Ding W. X. Carbon contents in soils and crops as affected by long-term fertilization (In Chinese). Acta Pedologica Sinica, 2005, 42(5): 769 ~ 776

- [2] Hao M D, Fan J, Wei X R, *et al.* Effect of fertilization on soil fertility and wheat yield of dryland in the Loess Plateau. *Pedosphere*, 2005, 15(2): 189 ~ 195
- [3] Niu L A, Hao J M, Ding Z Y, *et al.* Long-term fertilization effect on fertility of salt-affected soils. *Pedosphere*, 2005, 15(5): 669 ~ 675
- [4] 关焱, 宇万太, 李建东. 长期施肥对土壤养分库的影响. *生态学杂志*, 2004, 23(6): 131 ~ 137. Guan Y, Yu W T, Li J D. Effects of long-term fertilization on soil nutrient pool (In Chinese). *Chinese Journal of Ecology*, 2004, 23(6): 131 ~ 137
- [5] 苏涛, 王朝辉, 李生秀. 黄土高原地区农田土壤的硝态氮残留及其生态效应. *农业环境科学学报*, 2004, 23(2): 411 ~ 414. Su T, Wang Z H, Li S X. Nitrate residues in farmland soils of Loess Plateau and its ecological effects (In Chinese). *Journal of Agro-Environment Science*, 2004, 23(2): 411 ~ 414
- [6] Jansson S L. Balance sheet and residual effects of fertilizer nitrogen in a 6-year study with N^{15} . *Soil Science*, 1963(95): 31 ~ 37
- [7] 段永惠, 张乃明, 张玉娟. 施肥对农田氮磷污染物径流输出的影响研究. *土壤*, 2005, 37(1): 48 ~ 51. Duan Y H, Zhang N M, Zhang Y J. Effect of fertilizer application on nitrogen and phosphorus loss with farmland runoff (In Chinese). *Soils*, 2005, 37(1): 48 ~ 51
- [8] 闫德智, 王德建, 林静慧. 太湖地区氮肥用量对土壤供氮、水稻吸氮和地下水的的影响. *土壤学报*, 2005, 42(3): 440 ~ 446. Yan D Z, Wang D J, Lin J H. Effects of fertilizer-N application rate on soil N supply, rice N uptake and groundwater in Taihu region (In Chinese). *Acta Pedologica Sinica*, 2005, 42(3): 440 ~ 446
- [9] 朱兆良. 土壤氮素的矿化和供应. 见: 我国土壤氮素研究工作的现状与展望. 北京: 科学出版社, 1986. 14 ~ 27. Zhu Z L. Supplying and mineralization of nitrogen in soil (In Chinese). In: *Prospect and Actuality of Nitrogen Research in China*. Beijing: Science Press, 1986. 14 ~ 27
- [10] Jenkinson D S, Fox R H, Rayner J H. Interactions between fertilizer nitrogen and soil nitrogen—the so-called ‘priming’ effect. *Journal of Soil Science*, 1985(36): 425 ~ 444
- [11] 高亚军, 黄东迈, 朱培立, 等. 稻麦轮作条件下长期不同土壤管理对氮素肥力的影响. *土壤学报*, 2000, 37(4): 456 ~ 463. Gao Y J, Huang D M, Zhu P L, *et al.* The long term impact of different soil management on nitrogen fertility in rice-based cropping system (In Chinese). *Acta Pedologica Sinica*, 2000, 37(4): 456 ~ 463
- [12] 中国科学院南京土壤研究所. 土壤理化分析. 上海: 上海科学技术出版社, 1978. Institute of Soil Science, Chinese Academy of Sciences. *Physical and Chemical Analysis of Soil* (In Chinese). Shanghai: Shanghai Science and Technology Press, 1978
- [13] Yin S X, Chen D, Chen L M, *et al.* Dissimilatory nitrate reduction to ammonium and responsible microorganisms in two Chinese and Australia paddy soils. *Soil Biology & Biochemistry*, 2002(34): 1131 ~ 1137
- [14] Shen S M, Pruden G, Jenkinson D S. Mineralization and immobilization of nitrogen in fumigated soil and the measurement of microbial biomass nitrogen. *Soil Biology & Biochemistry*, 1984(16): 437 ~ 444
- [15] Zhu Z L. Loss of fertilizer N from plants-soil system and the strategies and techniques for its reduction. *Soil and Environmental Sciences*, 2000, 9(1): 1 ~ 6
- [16] 朱兆良, 文启孝. 中国土壤氮素. 南京: 江苏科学技术出版社, 1990. 213 ~ 249. Zhu Z L, Wen Q X. *Nitrogen in Soils of China* (In Chinese). Nanjing: Jiangsu Science and Technology Press, 1990. 213 ~ 249
- [17] 黄东迈, 朱培立, 高家骅. 有机、无机态肥料氮在水田和旱地的残留效应. *中国科学(B 辑)*, 1982, 10: 907 ~ 912. Huang D M, Zhu P L, Gao J H. Residual effects of organic and inorganic fertilizer nitrogen in and paddy field and dry land (In Chinese). *Scientia Sinica (Series B)*, 1982, 10: 907 ~ 912

REPLACEMENT OF SOIL NITROGEN BY FERTILIZER NITROGEN UNDER RICE-WHEAT ROTATION

Lu Ping¹ Yang Linzhang^{1†} Yan Tingmei¹ Yin Shixue²

(1 Institute of Soil Science, Chinese Academy of Sciences, Nanjing 210008, China)

(2 College of Environment Science and Engineering, Yangzhou University, Yangzhou, Jiangsu 225009, China)

Abstract A pot experiment was conducted to study fate of ^{15}N -labelled ammonium sulfate incorporated into soil under the rice-wheat rotation system for 5 seasons of cropping. Residue fertilizer N from previous crops would accumulate as the cropping and fertilization practices continued. Assuming that the cropping system and soil management did not change and the total soil nitrogen content remained constant, the replacement rates of soil nitrogen by fertilizer nitrogen could be calculated based on change in residual nitrogen in the soil. By fitting the data of residual nitrogen in the soil into different mathematic equations, a best fitting equation could be picked out in light of their correlation efficiency (R^2). The equation could be used conveniently to figure out the replacement rate, which is really high, accounting for 20% within only 3 ~ 5 years. The calculated replacement rate, however, could not be extrapolated into field conditions anywhere and the calculation methods presented in this paper is only applicable to similar cases where the assumptions hold water to a certain extent. The significance of replacement rate was discussed.

Key words ^{15}N -labelled fertilizer; Residual nitrogen; Soil nitrogen; Replacement rate; Calculation method