

北京地区潮土表层中 NO_3^- -N 的转化积累及其淋洗损失

袁锋明 陈子明 姚造华

周春生 傅高明 宋永林 李小平

(中国农科院土壤肥料研究所, 北京 100081)

摘 要

本试验利用渗滤池设施, 采用化学分析和同位素技术相结合的方法研究了北京地区潮土表层中施用氮肥后 NO_3^- -N 的转化积累及其 130cm 土体的淋洗状况。常规分析结果表明, 在春小麦和夏玉米的生育前期可以观察到氮素明显地向 NO_3^- -N 的转化积累, 其强度随尿素施用量的增加而明显增加, 而尿素、硝酸铵、硫酸铵等不同氮肥品种处理之间有差异但大多不显著。同时夏玉米期间转化积累作用比春小麦期间强烈。 ^{15}N 标记试验结果表明, 在春小麦生育前期氮素向 NO_3^- -N 转化积累的过程中, 同时发生了肥料氮的固持和损失, 并且土壤本身氮素在这种转化过程的初期占有优势。 NO_3^- -N 淋洗出 130cm 土体主要发生在降雨集中季节, 淋失量与同期降雨量线性相关显著; 淋失水中 NO_3^- -N 含量在施氮肥的处理区大多超过饮用水卫生标准即 10mgNO_3^- -N/L 的限额, 平均含量最高可达 33mgNO_3^- -N/L, 这对本地的地下水会造成短期的硝酸盐污染。但是淋洗损失的总量不高。

关键词 NO_3^- -N 转化积累, 淋洗损失, 常规分析, ^{15}N , 渗滤池

旱地土壤中氮素向 NO_3^- -N 的转化处于平衡状态, 一旦施氮肥转化将会加强, 从而使 NO_3^- -N 发生积累。大田条件下由于氮素循环及流向的复杂性, 同时, 土壤中各种形态氮素的时空变异性也很大, 因而, 使得该问题复杂而多变^[1-3, 11]。因此, 采用 ^{15}N 同位素技术将使结果更清晰地反映土壤中的有关过程^[10], 同时对常规分析数据进行数理统计分析也将更加客观地反映实际情况。 NO_3^- -N 在表层中的积累有可能引起淋洗损失, 这一方面不利于作物吸收利用, 另一方面更重要的是有可能对地下水造成污染^[2-3, 12]。我国在这方面的的工作开始于 80 年代初, 主要是一些模拟结果^[2]。80 年代末、90 年代初则有了大田条件下的报道^[4-7]。本文将报道北京地区小麦-玉米连作时, 对潮土表层中氮素向 NO_3^- -N 转化积累以及 NO_3^- -N 淋洗出 130cm 土体的状况进行研究的结果。

一、材料和方法

(一) 试验地点

试验是在“国家褐潮土土壤肥力和肥料效益监测基地(北京, 昌平)”的回填土式渗滤池 (filled-in lysimeter)^[13] 中进行的。渗滤池大小为 $2.0\text{m} \times 1.0\text{m} \times 1.3\text{m}$, 在池的底部有管道通出池外以收集土

体渗滤水液。

试验从 1992 年 3 月到 1992 年 10 月, 这期间降雨总量为 393.3mm, 主要集中于 6 月下半月、7 月下半月及 8 月份。蒸发总量 1188.2mm, 其高峰期则主要是 5、6、7 三个月。灌溉水量总计约 210mm, 分别于 4 月 23、5 月 15、5 月 23、6 月 4 日进行。

(二) 试验土壤

试验土壤为潮土, 约相当于美国土壤系统分类中的冲积新成的半干润淡色始成土 (Fluventic Ustochrepts), 质地为轻壤质。其理化性状见表 1。

(三) 试验方案及其实施

试验为七处理、四重复、顺序区组设计。

即: (1) 空白对照: 不施肥;

(2) 肥底对照: 仅施 PK (普钙 75kgP/ha, 氯化钾 45kgK/ha。以下同);

(3) 低量尿素: 每茬尿素 75kgN/ha + P、K;

(4) 常量尿素: 每茬尿素 150kgN/ha + P、K;

(5) 高量尿素: 每茬尿素 225kgN/ha + P、K;

(6) 常量硝铵: 每茬硝铵 150kgN/ha + P、K;

(7) 常量硫铵: 每茬硫铵 150kgN/ha + P、K。

所有肥料播种前均一次性基施, 表面撒施, 然后与表土一起耕翻、耙匀。

春小麦期间常量尿素和常量硝铵处理各取两重复施用 ^{15}N 标记肥料。其中 ^{15}N -尿素丰度为 15.83%, ^{15}N -硝铵丰度为 10.34%, 且为双标记肥料。施肥、取样及日常管理要特别小心, 严格防止交叉污染。

表 1a 试验土壤基本农化性状

Table 1a The agrochemical properties of the experimental soils

深度 Depth (cm)	全氮 Total N (g/kg)	全磷 Total P (g/kg)	全钾 Total K (g/kg)	速效氮 Availa- ble N (mg/kg)	速效磷 Availa- ble P (mg/kg)	速效钾 Availa- ble K (mg/kg)	缓效钾 Slowa- vaila- ble K (mg/kg)	有机质 O. M. (g/kg)	CaCO_3 (g/kg)	C.E.C (cmol (+)/kg)	pH
0—27	0.691	1.62	17.0	49.1	5.2	52.0	329	11.37	34.6	13.84	8.65
27—55	0.567	1.39	17.3	37.6	2.9	62.2	294	10.77	39.4	19.32	8.88
55—80	0.691	1.37	17.4	38.3	2.6	63.5	224	14.27	23.5	23.17	9.06
80—	0.277	1.11	19.0	24.2	3.4	61.2	270	4.30	6.8	21.08	8.80

表 1b 养分渗滤池中试验土壤的几个物理性状

Table 1b Some physical properties of the experimental soil in the lysimeters

深度 Depth (cm)	容重 Bulk density (10^3kg/m^3)	总孔隙度 Total porosity (%)	毛管孔隙度 Capillary porosity (%)	饱和导水率 Saturated hydraulic conductivity (mm/hour)
0—20	1.32	50.2	42.4	41.2
20—40	1.41	46.8	38.8	21.4
40—	1.40	47.2	39.8	43.1

1992 年 3 月 6 日至 1992 年 6 月 22 日种植春小麦, 6 月 25 日至 9 月 28 日种植夏玉米, 种植及日常管理同一般大田情况。

(四) 取样及其分析

土钻取 0—20cm 土壤样品,作物生育前期取样时间间隔短,后期则长。渗滤池底部有渗滤液时也定期取样,并记录渗滤水液的容积。样品应尽快分析,如来不及则滴加数滴甲苯,并置于冰箱内保存。

新鲜土样用 0.03mol/L $\text{Ca}(\text{OAc})_2$ 溶液浸提 NO_3^- -N (1:2 土水比),用 2mol/L KCl 溶液浸提 NH_4^+ -N。纳氏比色法分析 NH_4^+ -N 的含量,硝酸试粉法比色分析 NO_3^- -N 含量。

施用 ^{15}N 标记肥料的小区取土后立即用 2mol/L KCl 溶液浸提(1:5 土水比),浸提液先加碱蒸馏即分离出 NH_4^+ -N 部分,然后加足量 $\text{Zn}-\text{FeSO}_4$ 粉(1:5)作还原剂¹⁾,加碱蒸馏即得 NO_3^- -N 部分,分别收集馏出液并进行浓缩。样品制备时由于样品氮含量低,采用了标准加入稀释法^[4]以满足质谱分析的要求。

水样同样进行 ^{15}N 样品制备。

质谱分析是在中国农业科学院原子能所进行的。

二、结果与讨论

(一) 表层土壤中氮素向 NO_3^- -N 的转化积累

本试验分析了表层土壤中 NH_4^+ -N、 NO_3^- -N 含量的变化,以研究本地域环境条件下 NO_3^- -N 在表土中的转化积累状况。

1. NO_3^- -N 在表土中转化积累的总趋势

从统计学的角度来看,试验的总体也是一个统计样本。对其进行分析的结果可以反映本地域条件下的整体情况。表 2 列出了对试验全体进行统计分析所得到的方差分析数据和总体均值随时间的变化及其多重比较的结果。

由表可见,无论是 NH_4^+ -N 还是 NO_3^- -N,其含量随时间的变化均达到了差异极显著水平,并且有积累峰值的出现。即 NH_4^+ -N 于春小麦期间(3.15 和 4.21)、夏玉米期间(6.29 和 7.6)分别出现了两次积累峰,而 NO_3^- -N 则于春小麦期间出现一次(4.21)、夏玉米期间出现两次(7.6 和 7.27)积累峰;同时 NO_3^- -N 均是随时间变化呈显著甚至极显著的积累峰,但是 NH_4^+ -N 的变化显著性则不尽如此。除了第一次 NH_4^+ -N 积累峰有施用铵态氮肥所引起的 NH_4^+ -N 的直接积累外,其余均是转化积累的结果。夏玉米期间之所以出现 NO_3^- -N 的两次积累峰,是因为此期间的一次强降雨引起了表土中的 NO_3^- -N 向下淋洗从而导致 NO_3^- -N 的暂时“亏缺”,而其后紧接着出现的积累峰则正是土壤中氮素向 NO_3^- -N 不断进行转化的结果。

上所述表明,在作物的生育前期(4.21 日春小麦仍处于苗期,7.27 日夏玉米为十三叶心时期)可以观察到氮素明显地经过或直接从 NH_4^+ -N 向 NO_3^- -N 的转化积累。

从表中总体均值的变化还可以看到,夏玉米期间 NO_3^- -N 的两次积累峰(7 月 6 日、7 月 27 日)要相应地“滞后”于 NH_4^+ -N 的两次积累峰(6 月 29 日、7 月 6 日),而春小麦期间 NO_3^- -N 的唯一一次积累峰的积累时期(3 月 5 日到 4 月 21 日)则涵盖了 NH_4^+ -N 的两次积累峰(3 月 15 日、4 月 21 日)。另外,夏玉米期间 NO_3^- -N 的两次积累峰值均比春小麦期间的积累峰值高,而 NH_4^+ -N 则相反。这一方面说明了 NH_4^+ -N 向 NO_3^- -N 的

1) 中国农科院土肥所陈培森的试验报告。

表 2 土壤 0—20cm 中 NH_4^+ -N 及 NO_3^- -N 含量变化的总体趋势
 Table 2 The variations of NH_4^+ -N and NO_3^- -N contents in 0—20 cm soil during the experiment period

春小麦期间 During growth of spring-wheat			夏玉米期间 During growth of summer-corn		
方差分析结果 The results of variance analysis					
变异来源 Source of variation	F 值及其显著性 F value and its significance		变异来源 Source of variation	F 值及其显著性 F value and its significance	
	NH_4^+ -N	NO_3^- -N		NH_4^+ -N	NO_3^- -N
时间	25.81**	73.49**	时间	42.81**	103.50**
处理	2.73*	41.32**	处理	4.03**	57.80**
时间×处理	1.53	6.90**	时间×处理	4.00**	7.49**
重复	1.96*	0.93	重复	1.18	1.67*

均值多重比较结果
 The results of multiple comparison

时间 Time (年·月·日)	NH_4^+ -N(mg/kg) Average value	NO_3^- -N(mg/kg) Average value	时间 Time (年·月·日)	NH_4^+ -N(mg/kg) Average value	NO_3^- -N(mg/kg) Average value
1992.3.05		9.2 cd CD	1992.6.29	23.1 a A	48.0 c B
3.15	39.7 a A	27.7 bc BCD	7.02	19.5 a ABC	63.6 bc B
3.24	2.6 b B	34.8 b BC	7.06	26.5 a A	77.1 b AB
4.06	5.7 b B	46.5 b AB	7.16	20.9 a AB	51.6 bc B
4.21	22.3 ab AB	68.9 a A	7.27	6.9 b CD	105.8 a A
5.21	5.2 b B	10.2 cd CD	8.10	3.9 b D	2.1 d C
6.23	10.7 b B	6.6 d D	8.24	7.6 b BCD	2.5 d C
			9.08		6.5 d C
			9.28		6.1 d C
LSD _{0.05}	20.8	19.9	LSD _{0.05}	10.3	27.6
LSD _{0.01}	27.5	26.3	LSD _{0.01}	13.6	36.5

注: 重复 4 次。

转化作用, 另一方面也表明夏玉米期间 NO_3^- -N 的转化积累作用(实际上即硝化作用)要比春小麦期间强烈。

2. 氮肥施用与表土中 NO_3^- -N 转化积累状况的关系

图 1 及图 2 显示了本试验中七个处理的 NH_4^+ -N、 NO_3^- -N 含量变化趋势, 并标示了每次监测分析时处理之间进行统计多重比较所用的最小显著差数 (L.S.D.), 以分析处理之间的差异显著性。很显然, 处理之间的区别主要是 NO_3^- -N 转化积累强度不一样, 其趋势则是一致的。

(1) 不同尿素施用量处理之间的差异: 从图 1a 可以发现 NH_4^+ -N 积累峰值依尿素施用量的增加而增加, 然而, 不同施用量之间的差异因 L.S.D. 大而不显著。

同样地, NO_3^- -N 积累峰值也随尿素施用量的增加而增加(图 2a)。虽然 L.S.D. 也大, 但是高量尿素处理的峰值显著或极显著大于低量尿素处理的峰值, 并且高量尿素处理

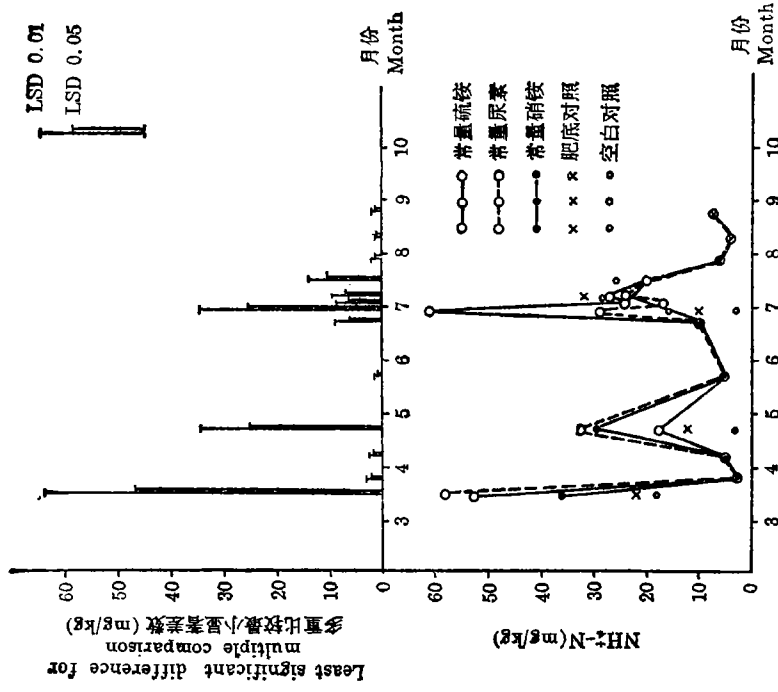


图 1b 不同氮肥品种处理的土壤 0—20 cm 中 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 含量变化
Fig. 1b The changes of $\text{NH}_4^+\text{-N}$ content in 0—20cm soil applied with different N fertilizers

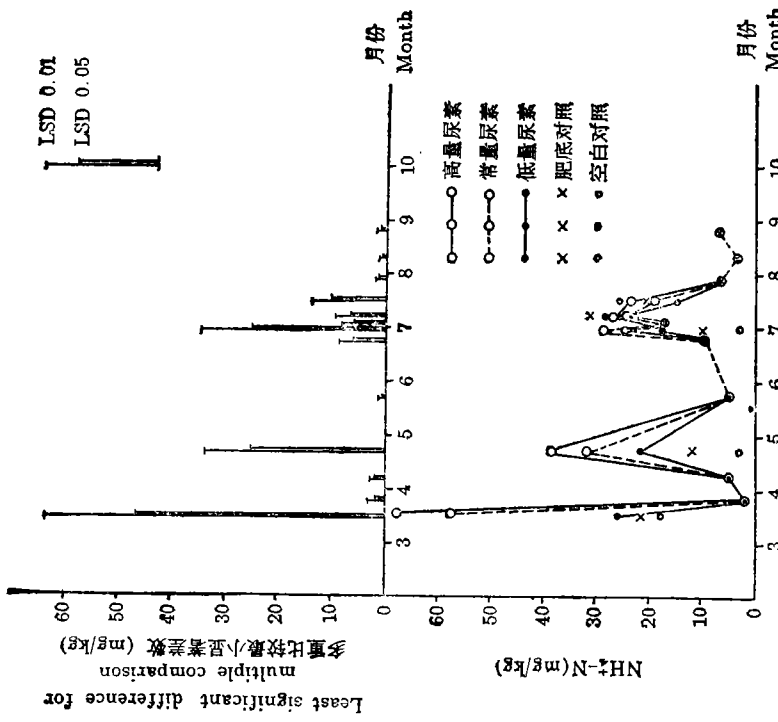


图 1a 不同尿素用量处理的土壤 0—20cm 中 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 含量变化
Fig. 1a The changes of $\text{NH}_4^+\text{-N}$ content in 0—20cm soil applied at different rates of urea

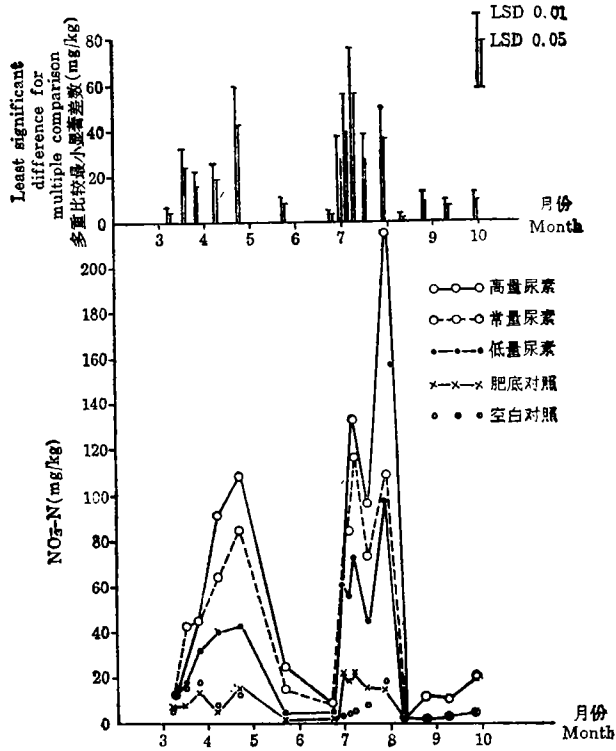


图 2a 不同尿素用量处理的土壤 0—20cm 中 NO_3^- -N 含量变化

Fig. 2a The changes of NO_3^- -N content in 0—20cm soil applied at different retes of urea

在夏玉米末期较之其余表现出显著的后续积累。常量处理则居于高量与低量之间，且差异显著性也不定。

这表明，氮素向 NO_3^- -N 的转化积累强度随尿素施用量的增加而明显增加。

(2) 硫酸、尿素、硝酸处理之间的差异：图 1b 和图 2b 显示肥料品种处理在春小麦和夏玉米期间的表现是不一致的。具体地说， NH_4^+ -N 的积累(其中有施肥导致的直接积累部分)无规律可循，多重比较的结果也表明三者之间的差异不显著(常量硫酸处理夏玉米期间的第一次积累峰极显著高于其余处理，这并非由转化引起，而是 NH_4^+ -N 直接积累的结果)。

NO_3^- -N 的积累春小麦期间是硝酸 > 尿素 > 硫酸，其中硝酸处理的积累峰显著高于其余处理，这很显然是由于 NO_3^- -N 有一部分系直接积累的缘故。夏玉米期间则是硫酸 > 尿素 > 硝酸，硝酸处理的情况与春小麦期间相反，这很可能与 NO_3^- -N 向下淋洗较多有关(此期间湿度大)；而硫酸处理的第二次积累峰极显著高于其余处理，则可能是由于此前 NH_4^+ -N 的异常积累所致(参见图 1b)。很显然，其余情况下三种氮肥处理之间的差异不显著。

这表明，三种氮肥处理除了个别情况外，它们的转化积累强度差异并不明显。

3. 土壤氮素和肥料氮素在氮素向 NO_3^- -N 转化过程中的表现

上述土壤表层的化学分析结果，是肥料氮和土壤本身氮共同变化的反映。应用¹⁵N 示

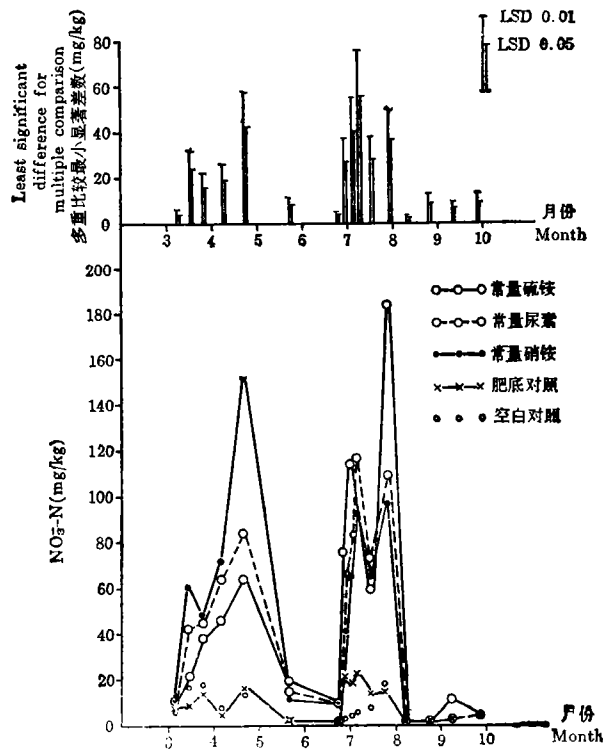


图 2b 不同氮肥品种处理的土壤 0—20cm 中 NO₃⁻-N 含量变化

Fig. 2b The changes of NO₃⁻-N content in 0--20cm soil applied with different with N fertilizer

表 3 土壤 0—20cm 中肥料氮素的变化趋势

Table 3 The changes of fertilizer-N in 0—20cm soil

处理 Treatment	形态 Form		取样时间(年·月·日) Sampling time					
			1992.3.15	1992.3.24	1992.4.06	1992.4.21	1992.5.21	1992.6.23
常量尿素	NH ₄ ⁺ -N	Ndff (mg/kg)	24.5	1.10	2.76	8.78	0.11	0.12
		Ndff%	42.1	64.8	51.2	27.1	2.20	1.30
	NO ₃ ⁻ -N	Ndff (mg/kg)	9.58	4.64	17.5	38.5	5.18	1.03
		Ndff%	22.8	10.3	27.4	45.8	34.8	12.5
常量硝铵	NH ₄ ⁺ -N	Ndff (mg/kg)	10.2	1.60	1.25	10.8	0.10	0.19
		Ndff%	28.2	37.2	33.8	36.0	1.70	1.80
	NO ₃ ⁻ -N	Ndff (mg/kg)	26.9	21.0	18.0	65.3	3.53	0.43
		Ndff%	43.9	43.5	25.3	42.8	30.4	3.90

注: Ndff(mg/kg)—土壤中源于肥料氮素的氮含量; Ndff%—土壤中源于肥料氮素的百分率。

踪技术可以对这两种来源的氮素进行区分。

如表 3 所示,无论是尿素处理还是硝铵处理,春小麦期间土壤中 NH₄⁺-Ndff 和 NO₃⁻-

N dff 的变化趋势是一致的,即:下降-升高-突然下降;并且前者与其土壤中总量的变化趋势也是一致的,而后者在前期与其土壤中总量的变化趋势相反(参见前述)。

由于施肥初期几乎没有作物吸收,故这时土壤中的 NH_4^+ -Ndff 和 NO_3^- -Ndff 的下降是固持和损失的结果,而紧接着在硝铵处理中 NH_4^+ -Ndff 的升高则更表明了 NH_4^+ -Ndff 的这种初期下降是被暂时固持所致。 NO_3^- -Ndff 中期的升高显然是 NH_4^+ -N 向 NO_3^- -N 的转化强于其余过程而造成积累的结果。后期的突然下降则是作物大量吸收及其他耗损过程的反映。

值得注意的是,整个生育时期土壤中 NH_4^+ -Ndff% 和 NO_3^- -Ndff% 的变化趋势与其相应的含量变化趋势(即 Ndff 值)不一致,并且它们之间也不尽一致,即前者表现为:升高-下降-突然下降;而后者则表现为:下降-升高-下降-突然下降。很显然主要是在生育的前中期变化不一致。如上所述,初期土壤中 NH_4^+ -N 总量是降低的,但 NH_4^+ -Ndff% 仍升高;另一方面 NO_3^- -Ndff% 同时出现较大的下降,这意味着土壤中此时 NH_4^+ -N 向 NO_3^- -N 的转化很可能主要是土壤本身占着优势地位,因为土壤本身氮是自然丰度的,所以对土壤总体中的无机 NH_4^+ -N (包括了标记肥料氮部分)而言是 ^{15}N “富集”过程,相反地对 NO_3^- -N 总体则是 ^{15}N 的稀释效应。以后随着肥料氮素的转化作用趋强, NH_4^+ -Ndff% 随着下降而相应地 NO_3^- -Ndff% 则升高了。后期的下降显然也是大量耗损的结果。

可以看到,尿素处理和硝铵处理的变化趋势基本上是一致的。然而,施肥初期 NH_4^+ -Ndff% 在尿素处理中的较硝铵处理中的高得多,并且变化幅度也较大; NO_3^- -Ndff% 则相反。作物生育后期,尤其是收获时, NO_3^- -Ndff 及 NO_3^- -Ndff% 尿素处理的比硝铵处理的高,这表明了尿素处理明显经过 NH_4^+ -N 向 NO_3^- -N 的转化以及后期的持续转化特性。

(二) 试验期间 NO_3^- -N 的淋洗损失状况

表 4、表 5 列出了本试验中 NO_3^- -N 淋洗出 130cm 土体的结果。由于设施未附加一定的负压,结果可能偏低^[2]。

1. NO_3^- -N 淋洗损失量的动态变化

从表 4 可以看出,淋洗损失主要发生于 7、8 两月,以 7 月末—8 月上旬为最。相关分析表明,淋失量与同期降雨量之间线性相关显著。这与有关报道有一致之处^[9]。

表 4 的数据还显示,在淋失的初期对照处理的淋失量高于施肥处理,原因在于对照作物生长较差,蒸腾弱,造成淋洗损失发生前整个剖面湿度较大,同时可入渗水量较多,这样一旦有足量的降雨,对照处理就很容易首先发生淋洗损失,且淋洗容量(leaching volume)大。但是随着降雨的次数增多和水分入渗,这种水分方面的差异就不明显了,决定淋失量多少的则是淋失水中 NO_3^- -N 含量的高低。

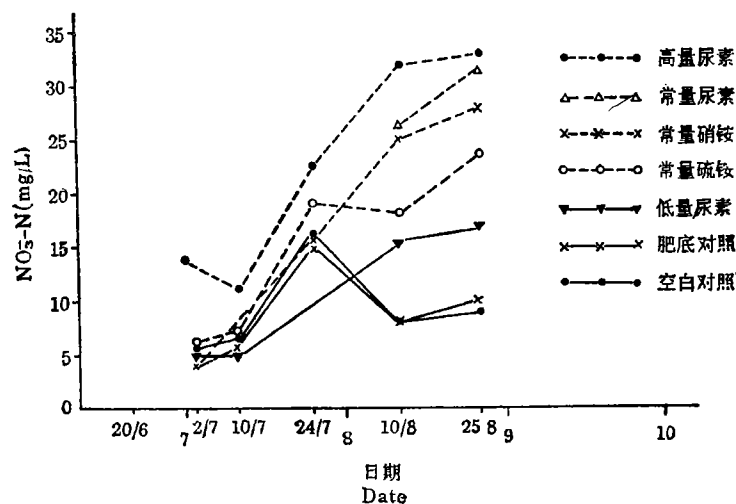
另外,同位素分析结果表明,春小麦施用的标记氮肥夏玉米期间继续淋失的量不大。7 月 25 日至 8 月 10 日,尿素处理的 NO_3^- -Ndff% 大约为 6% 左右,硝铵处理仅为 1%; 8 月 11 日至 8 月 25 日则达到了 7% 左右。

2. 淋洗损失的 NO_3^- -N 含量状况

在淋洗损失发生的整个时期,对照处理的 NO_3^- -N 的含量变化呈峰形(7 月 24 日最

表 4 试验期间(1992.3.—1992.10.) NO_3^- -N 的淋洗损失动态Table 4 The kinetics of NO_3^- -N leaching loss during the experiment period (1992.3.—1992.10.)

处 理 Treatment	NO_3^- -N 淋失量(月·日) NO_3^- -N leaching loss (mg/lysimeter)					与降雨量的相关性 r(related to precipitation)
	6.23—7.02	7.03—7.10	7.11—7.24	7.25—8.10	8.11—8.25	
空白对照(O)	49.1a	50.1a	10.6a	317.8c	2.7a	0.7983*
肥底对照(PK)	50.8a	40.6ab	11.2a	514.5bc	22.2a	0.8049*
低量尿素	19.8ab	2.8b	0a	534.6bc	5.1a	0.8089*
常量尿素	0b	0b	0a	1023.4a	16.1a	0.7595*
高量尿素	0.5b	12.8ab	2.8a	955.9ab	21.8a	0.7850*
常量硝酸铵	2.8b	0b	3.1a	776.3ab	20.2a	0.7917*
常量硫酸铵	12.1b	34.0ab	11.8a	689.4abc	13.0a	0.7796*
LSD _{0.05}	34.3	41.9	16.8	456.7	27.0	
LSD _{0.01}	47.1	57.5	25.1	626.3	37.0	

图 3 130cm 土体底部淋洗水液中 NO_3^- -N 含量变化趋势Fig. 3 The changes of NO_3^- -N content of leachate at the bottom of 130cm soil body

高), 而施肥处理却是呈上升趋势(图 3)。在淋失初期, 除高量尿素处理 NO_3^- -N 含量高外, 其余处理之间则差别不大; 淋洗损失盛期及后期 NO_3^- -N 含量次序为: 高量尿素 > 常量尿素 > 常量硝酸铵 > 常量硫酸铵 > 低量尿素 > 对照。

值得注意的是, 施肥处理大部分时段淋洗损失水中的 NO_3^- -N 含量超过饮用水卫生标准 10mgNO_3^- -N/L 的限额, 大多为 $15\text{—}33\text{mgN/L}$ (此处为重复均值)。这意味着施用氮肥极有可能短期污染本地区的地下水。

3. 整个试验期间 NO_3^- -N 的淋洗损失总量估计

由于春小麦期间未发生淋洗损失, 所以表 5 的结果实际上就是夏玉米期间的淋洗损失总量。结果表明, 土壤本身氮素淋洗出 130cm 土体以外的大约是每池 $400\text{—}600\text{mgN}$, 也即 $2\text{—}3\text{kgN/ha}$ 。施尿素 75kgN/ha 的淋洗损失接近此量。

表5 试验期间养分渗滤池中 NO_3^- -N 淋洗损失总量Table 5 The total leaching loss of NO_3^- -N in the lysimeters during the experiment period

处 理 Treatment	淋失总量 Total leaching loss (mgN/lysimeter)	差 值 Difference	差值/总量×100% Difference/total leaching loss ×100%	差值/肥料总氮量×100% Difference/fertilizer N ×100%
空白对照 (O)	430.3	0	—	—
肥底对照 (PK)	639.3	209.0	—	—
低量尿素	562.3	132.0	23.5	0.9
常量尿素	1039.5	609.2	58.6	2.0
高量尿素	993.8	563.5	56.7	1.2
常量硝铵	802.4	372.1	46.4	1.2
常量硫铵	760.3	330.0	43.4	1.1

增加氮肥施用量加大了 NO_3^- -N 的淋洗损失总量, 施氮肥 150kgN/ha 及尿素 225 kgN/ha 淋失量增加近一倍, 即达到每池约 800—1000mgN, 相当于 4—5kgN/ha。这意味着本研究中土壤氮和肥料氮的淋失基本上是等量的。

差值法估计的肥料氮淋失率大约为 1—2%。这表明, 在本地域一般管理和本年份气候条件下, 肥料氮的淋洗损失较少。

三、小 结

在北京地区回填土式渗滤池中进行的监测分析研究表明:

1. 基施氮肥于表土后, 在春小麦或夏玉米生育前期可以观察到土壤中由 NH_4^+ -N 向 NO_3^- -N 的转化积累, 并且夏玉米期间较春小麦期间转化作用强烈。

2. 结合统计分析可以发现, NO_3^- -N 在表土中的转化积累随尿素施用量的增加而增加。但是, 除了硫铵处理在夏玉米期间因 NH_4^+ -N 直接积累大而导致稍后一次异常强烈的 NO_3^- -N 转化积累之外, 尿素、硫铵、硝铵三者之间的 NO_3^- -N 转化积累强度差异并不明显。

3. ^{15}N 标记试验结果表明, 在氮素向 NO_3^- -N 转化积累的过程中同时发生了肥料氮的固持和损失, 并且土壤本身氮素的转化在起初很可能占优势, 后期肥料氮的转化则逐渐居于优势。

4. NO_3^- -N 淋洗出 130cm 土体主要发生于降雨季节, 淋失量与同期降雨量呈线性相关显著。决定 NO_3^- -N 淋失量多少的在初期是淋洗容量的多少, 而盛期则主要是 NO_3^- -N 含量的高低。淋失水中的 NO_3^- -N 含量变化, 对照处理呈峰形, 而施用氮肥的处理则呈上升趋势; 并且施肥处理大多超过饮用水卫生标准即 10mgN/L 的限额, 最高可达 33mgN/L, 这很可能对地下水造成污染。

5. 整个生长季节 NO_3^- -N 的淋失总量, 源于土壤本身的(对照)大约为 2—3kgN/ha, 施尿素 75kgN/ha 的接近此量, 而施 150kgN/ha 和 225kgN/ha 尿素处理的则大约为 4—5kgN/ha。上茬残留标记氮素的淋失大约占总量的 1—7%。

差值法估算的肥料氮的淋失率大约为 1—2%。

参 考 文 献

1. 朱兆良, 1979: 土壤中氮素的转化和移动的研究近况。土壤学进展, 第 1 期, 1—16 页。
2. 中国土壤学会土壤农业化学专业委员会、土壤生物和生物化学专业委员会编, 1986: 我国土壤氮素研究工作的现状与展望。科学出版社。
3. F. J. 史蒂文森等著, 1989: 农业土壤中的氮(闵九康等译)。科学出版社。
4. 朱兆良, 文启孝主编, 1992: 中国土壤氮素。江苏科学技术出版社。
5. 吴珊眉, 张德辉等, 1991: 有机—无机肥配施下氮钾的渗漏损失。南京农业大学学报, 14(3): 68—72。
6. 戴同顺, 赵忠生, 1992: 海河流域灌溉平原区氮磷形态转化和淋失的定位研究。环境科学学报, 12(4): 497—501。
7. 易秀, 薛澄泽, 1993: 氮肥在坡土中的渗漏污染研究。农业环境保护 12(6): 250—253。
8. R. D. 豪克, 1992: 氮的同位素比分析。土壤分析法 (A. L. 佩奇等著, 闵九康等译), 第三十六章, 521—522 页。中国农业科技出版社。
9. Kazuo Shibano, Yoshikazu Ohno, 1988: Estimation of nitrate leaching in vegetable fields in relation to precipitation. Japanese Agricultural Research Quarterly, 22(3): 189—194。
10. M. Nkrumah, et al., 1989: Lysimeter and field studied on ^{15}N in a tropical soil. II. Transformation of $(\text{NH}_2)_2\text{CO}$ - ^{15}N in a tropical loam in lysimeter and field plots. Plant and Soil, 114: 13—18。
11. J. G. MacDonald, D. R. Nielsen, 1978: Nitrogen in the environment. Vol. 1. N behavior in field soil. Academic Press。
12. T. M. Addiscott, et al., 1991: Farming, fertilizers and the nitrate problem, C. A. B. International, UK。

NO_3^- -N TRANSFORMATION ACCUMULATION AND LEACHING LOSS IN SURFACE LAYER OF CHAO-SOIL IN BEIJING

Yuan Fengming, Chen Ziming, Yao Zaohua, Zhou Chunsheng,
Fu Gaoming, Song Yonglin and Li Xiaoping,
(Soils and Fertilizers Institute, CAAS, Beijing 100081)

Summary

In lysimeters, the transformation and accumulation of NO_3^- -N in surface layer and its leaching loss out of 130cm solum column in chao soil in Beijing were studied by the routine analysis methods in combination with isotopic technique. The results showed that N transformation to NO_3^- -N could be observed during the earlier growth stage. The significant differences existed among the treatments applied at 3 rates of urea but could not be found among the those with 3 kinds of N fertilizers. And the transformation to NO_3^- -N was less strong during spring wheat growth period than during summer corn growth period. Meanwhile immobilization and uncounted loss of fertilizer N could occur.

NO_3^- -N could be leached out of 130cm soil body during rainy season with more than 10mg NO_3^- -N/L in the fertilized lysimeters where the mean NO_3^- -N content might be up to 33 mg/L. And NO_3^- -N leaching loss was significantly correlated to the precipitation. However, the total leaching loss rate of fertilizer N was not high.

Key words NO_3^- -N, Transformation and accumulation, Leaching loss, Routine analysis, ^{15}N , Lysimeter