

氮肥用量及施用时间对土体中硝态氮移动的影响*

张树兰¹ 同延安¹ 梁东丽¹ 吕殿青¹ Ove Emteryd²

(1 西北农林科技大学资源环境学院, 陕西杨凌 712100)

(2 瑞典农业大学)

摘要 土连续两年小麦—玉米轮作条件下, 播前一次施氮量 130~ 520 kg hm⁻² a⁻¹ 时, 氮肥用量对硝态氮在土体中的移动深度没有影响, 但土壤剖面中残留的硝态氮量随施氮量增加显著增加。播前一次施用氮肥, 差减法计算的肥料氮表观回收率(作物携出量和土壤硝态氮的残留量)为 62%~ 82.7%; 就作物而言小麦的携出率高于玉米, 在玉米生长季节有更多的硝态氮可能被淋移至土壤剖面的下层。小麦—玉米轮作一年, 不同的施氮时间对肥料氮的表观回收率以及硝态氮在土壤剖面中的分布、累计没有明显影响。土区合适的氮肥用量是控制硝态氮向深层移动的主要措施。

关键词 氮肥用量; 施氮时间; 硝态氮运移; 小麦—玉米轮作

中图分类号 S143.1, S153 文献标识码 A

目前世界上氮肥总量的 60% 用于粮食作物生产^[1], 而谷物携出的氮量仅为施氮量的 33% (即, 氮肥利用效率—NUE)^[2], 其中发达国家 NUE 为 42%, 发展中国家为 29%^[3]。地下水硝酸盐有多种来源, 但是施用氮肥和土壤有机氮的矿化是造成硝酸盐污染的主要原因^[4]。已有报道显示灌溉农业许多作物存在硝酸盐的淋洗^[5,6]。由于相对高的氮肥用量和周期性洗盐的需要, 在灌溉农业中硝酸盐淋洗被认为是一个不可避免的结果。

许多因子如作物氮吸收动力学、氮肥管理、降雨量、灌溉管理、土壤质地和土壤氮转化影响土壤中硝酸盐的移动以及潜在淋洗。然而, 氮肥用量及施肥方法是影响氮潜在淋洗的两个能被种植者控制的因子。理论上认为超过推荐量的氮用量将导致硝酸盐的潜在淋洗可能性, 而低氮用量不存在这种潜在危险, 但情况并非总是如此。¹⁵N 示踪研究表明不同施氮量对粘壤土及砂壤土硝态氮移动没有影响^[7], 另有研究报道高于最佳施氮量的用量时, 收获后土壤无机氮含量没有变化^[8], 认为是由于作物吸氮量增加, 同时也增加植株氮挥发、残体固持和有机氮形式固定的结果。Raun 和 Johnson^[8] 发现只有土壤无机氮超过了土壤—植物缓冲范围, 土壤中无机氮才会增加, 否则即使施氮量超过最高产量的施氮量也不影响土壤中无机氮的变化累积。

通常认为氮肥的最好管理措施是分次施肥, 及根据作物需求时期使用。已有结果表明, 小麦分次施氮时氮素吸收效率最高^[9], 同时也认为可以降低硝酸盐潜在淋洗的可能性。然而也有研究报道, 氮肥施用时间对土壤氮的残留量及分布没有影响^[10]。Boman 和 Westerman^[11] 发现, 当氮用量较高时推迟施用时间能增加作物收获后无机氮的残留量, 造成硝态氮淋失的潜在可能性。

土是陕西省关中平原的主要土类, 是陕西省粮食等作物的生产基地。调查发现饮用水硝酸盐含量超标^[12]; 渗漏池研究表明硝态氮淋失量与施氮量呈线性关系, 且分次施氮的淋失量高于一次性施氮^[13]; 长期定位试验也表明不合理施肥导致硝酸盐淋洗至 4 m 以下^[6]。而目前该地区农民在粮食作物生产中已习惯播前一次性施肥。本文的目的: (1) 了解播前一次性施肥不同氮用量下土壤硝态氮随时间的空间动态变化; (2) 不同施氮时间对硝态氮在土壤剖面中分布、累积的影响。

1 材料与方 法

1.1 试验设计

试验在陕西省杨凌渭河三级阶地 土上进行, 其土壤物理性质见表 1。试验点海拔 524.7 m, 年降

* 中国瑞典合作项目

作者简介: 张树兰(1966~), 女, 汉, 副研究员, 主要从事土壤、植物氮素方面研究。E-mail: zhangshulan@nwsuaf.edu.cn

收稿日期: 2003-01-09; 收到修改稿日期: 2003-09-15

雨量 550~ 600 mm, 主要集中在 7 月至 9 月, 年蒸发量 993 mm, 地下水位 28 m。氮肥一次施用试验于 1994 年 10 月至 1996 年 10 月进行冬小麦—夏玉米两个轮作年, 不同施氮时间于 1994 年 10 月至 1995

年 10 月进行了冬小麦—夏玉米一个轮作年, 试验共设 14 个处理(见表 2)。氮肥施用时间分为四种: A. 播前一次施; B. 将肥料溶解后播前一次施; C. 播种后 4 周肥料溶解一次施; D. 分两次施, 播种时

表 1 供试土壤的物理性质

Table 1 Soil physical properties

土层深度 Depth (cm)	土壤颗粒组成 Distribution of soil particles(%)			质地 Texture	容重 Bulk density (g cm ⁻³)
	> 0.02 mm	0.02~ 0.002 mm	< 0.002 mm		
0~ 20	27.46	49	23.54	粉砂质粘壤土 ^①	1.30
20~ 40	24.28	49.50	26.22	粉砂质粘壤土	1.56
40~ 60	29.96	45.46	24.58	粉砂质粘壤土	1.46
60~ 80	26.58	47.54	25.94	粉砂质粘壤土	1.43
80~ 100	25.30	39.44	35.26	壤质粘土 ^②	1.36
100~ 120	26.26	38.72	35.02	壤质粘土	1.36
120~ 140	31.98	38	30.02	壤质粘土	1.36
140~ 160	31.56	43.16	25.18	壤质粘土	1.36
160~ 180	32.68	46.18	21.14	粉砂质粘壤土	1.31
180~ 200	37.13	42.13	20.74	粘壤土 ^③	1.31
200~ 220	37.86	41.68	20.46	粘壤土	1.31
220~ 240	39.38	42.08	18.54	粘壤土	1.23
240~ 260	39.18	40.40	20.42	粘壤土	1.23
260~ 280	38.10	42.96	18.94	粘壤土	1.23
280~ 300	37.38	43.32	19.30	粘壤土	1.23
300~ 320	36.22	43.56	20.22	粘壤土	1.23
320~ 340	37.78	42.72	19.50	粘壤土	1.23
340~ 360	34.62	44.28	21.10	粘壤土	1.23
360~ 380	32.94	45.16	21.90	粉砂质粘壤土	1.23
380~ 400	31.10	44.08	24.82	粘壤土	1.23

① Silty clay loam; ② Loamy clay; ③ Clay loam

表 2 试验方案

Table 2 Experimental design

处理号 Treatment No.	氮肥用量 N fertilizer rate (kg hm ⁻² a ⁻¹)		施用时间 ¹⁾ Application time	处理号 Treatment No.	氮肥用量 N fertilizer rate (kg hm ⁻² a ⁻¹)		施用时间 ¹⁾ Application time
	小麦 Wheat	玉米 Maize			小麦 Wheat	玉米 Maize	
1	0	0	A	8	240	280	B
2	60	70	A	9	60	70	C
3	120	140	A	10	180	210	C
4	180	210	A	11	240	280	C
5	240	280	A	12	60	70	D
6	60	70	B	13	180	210	D
7	180	210	B	14	240	280	D

1) A: 播前一次施 N applying one time before sowing; B: 溶解后播前一次施 Dissolved N applying one time before sowing; C: 播种 4 周溶解一次施 Dissolved N applying one time after 4 weeks of sowing; D: 两次施 N split application, 30% applied before sowing and 70% applied at riving stage for wheat and at elongation stage for maize

施用 30%, 小麦返青时或玉米大喇叭口期施用 70%。氮肥品种为尿素; 磷肥品种为过磷酸钙, 所有处理于播前一次施入。小麦和玉米用量均为 $P 52 \text{ kg hm}^{-2}$ 。小区面积为 $6.7 \text{ m} \times 8 \text{ m}$, 每个处理重复 3 次, 田间随机排列。田间管理同一般大田, 采用深井抽水灌溉, 小麦进行冬灌和春灌各一次, 玉米灌溉 3~4 次。

1.2 取样分析和数据处理

试验开始时取样分析 0~10、10~20、20~40、40~60、.....380~400 cm 土样的物理性质及硝态氮含量, 然后于每季作物收获后用土钻每区采 3 个剖面, 采样深度同上, 分析土壤硝态氮含量, 收获时测定作物产量并分析籽粒和秸秆的含氮量。土壤硝态氮采用 $1 \text{ mol L}^{-1} \text{ KCl}$ (土液比 1:4) 振荡浸提 30 min 后, 离心上清液用流动注射分析仪测定; 土壤颗粒组成采用比重计法, 植物全氮用 $\text{H}_2\text{SO}_4/\text{H}_2\text{O}_2$ 消解后流动注射分析仪测定。

每个处理作物产量结果为 3 次重复的平均值,

利用 LSD 进行统计分析; 硝态氮结果为 3 个重复共 9 个土壤剖面的平均值。

2 结果与讨论

2.1 不同施氮量的影响

土施用氮肥均增加小麦、玉米的籽粒和秸秆产量(1995 年玉米秸秆除外), 1996 年不同氮水平间小麦、玉米产量无差异, 1995 年仅处理 4 显著高于其它处理(表 3)。因此, 施氮处理间作物氮携出量差异不明显, 这导致了施氮处理硝态氮的残留量较对照增加 2~4 倍。同样, 在试验结束时 140~160 cm 土层硝态氮的浓度较对照增加 3~6 倍, 180~200 cm 处增加 4~5 倍(表 4)。肥料氮的总回收率(作物吸氮量+硝态氮残留量)为 62.0%~82.7%, 而且作物氮携出率随施用量增加而降低, 在年施氮量 $N 520 \text{ kg hm}^{-2}$ 处理中作物氮携出量仅为施用量

表 3 氮肥用量对小麦和玉米产量、氮回收率的影响

Table 3 Influence of nitrogen rate on wheat and maize yield and N recovery

氮肥用量 N rate ($\text{kg hm}^{-2} \text{ a}^{-1}$)	1995 年 小麦 Wheat		1996 年 小麦 Wheat		1995 年 玉米 Maize		1996 年 玉米 Maize		残留硝态氮 $\text{NO}_3^- \text{ N}$ after exper- iment	施入氮的回收率 Fertilizer N recovery (%)			
	籽粒 Grain	秸秆 Straw	籽粒 Grain	秸秆 Straw	籽粒 Grain	秸秆 Straw	籽粒 Grain	秸秆 Straw		作物 Crop		土 壤 Soil	总 和 Sum
										小麦 Wheat	玉米 Maize		
0	3 680a	3 633a	2 782a	3 786a	3 743a	5 911	4 919a	7 096a					
130	4 966b	6 526b	3 285b	3 398ab	6 124bc	6 198	5 104b	7 194ab	37.7	34.0	13.5	14.5	62.0
260	4 989b	7 556bc	3 508b	4 596c	5 351b	7 257	4 245ab	7 612b	283.3	19.9	4.9	54.5	79.3
390	6 112c	8 074c	3 271b	4 371c	6 516c	7 010	4 985b	7 573b	465.9	16.5	6.4	59.7	82.7
520	5 224b	7 539bc	3 334b	3 845bc	5 242b	5 908	4 419ab	7 838b	584.9	9.9	1.5	56.2	67.6

注: 不同字母代表 0.05 差异显著水平, 下同 Note: Different letters represent significant differences at 0.05 level

表 4 试验期间每季作物收获后 140~160 cm 和 180~200 cm 土层硝态氮浓度

Table 4 Nitrate nitrogen concentration at depth of 140~160 and 180~200 cm during experiment period (mg kg^{-1})

氮肥 用量 Total fertilizer N applied ($\text{kg hm}^{-2} \text{ a}^{-1}$)	土层 Depth							
	140~160 cm				180~200 cm			
	第一次 1st	第二次 2nd	第三次 3rd	第四次 4th	第一次 1st	第二次 2nd	第三次 3rd	第四次 4th
0	3.22	5.80	2.11	5.78	4.24	3.12	1.65	3.25
130	2.33	1.56	3.18	3.69	1.51	1.15	6.3	3.43
260	7.15	6.59	9.25	19.79	3.54	2.94	5.44	12.16
390	6.55	3.54	10.46	22.60	3.58	2.37	4.95	10.41
520	4.00	9.36	12.11	31.06	3.13	1.52	2.85	17.39

的 11.4%, 显示出合适氮用量的重要性。在小麦—玉米轮作条件下, 小麦的携出率显著高于玉米, 这意味着玉米生长季节氮损失的可能性更大。没有回收的氮相当一部分可能转化成有机氮, 也可能被麦穗壳或玉米芯吸收, 但没有取样分析。另外, 可能的损失为反硝化或气态损失, Kanampiu 等^[14] 研究发现植物过量施氮增加小麦植株气态氮损失, 范围为 8%~59%; 而土田间研究亦表明在玉米生长季节反硝化损失最高^[15]。

2.2 不同施氮量对土体中硝态氮移动和累积的影响

氮肥用量对土体中硝态氮的移动有明显的影 响 (图 1)。年施氮量 $N 130 \text{ kg hm}^{-2}$ 硝态氮的剖面分布均匀与对照不施氮相似, 没有出现硝态氮的累积和移动, 而年施氮量大于 130 kg N hm^{-2} 的三个处理, 在试验结束时硝态氮移动深度均超过 200 cm, 硝态氮在土体的分布形状和淋移深度相似, 并没有随施氮量的增加而变化, 但土体中硝态氮的残留量随施氮量的增加而增高 (表 3), 这与 Ottman 等^[7] 在砂壤

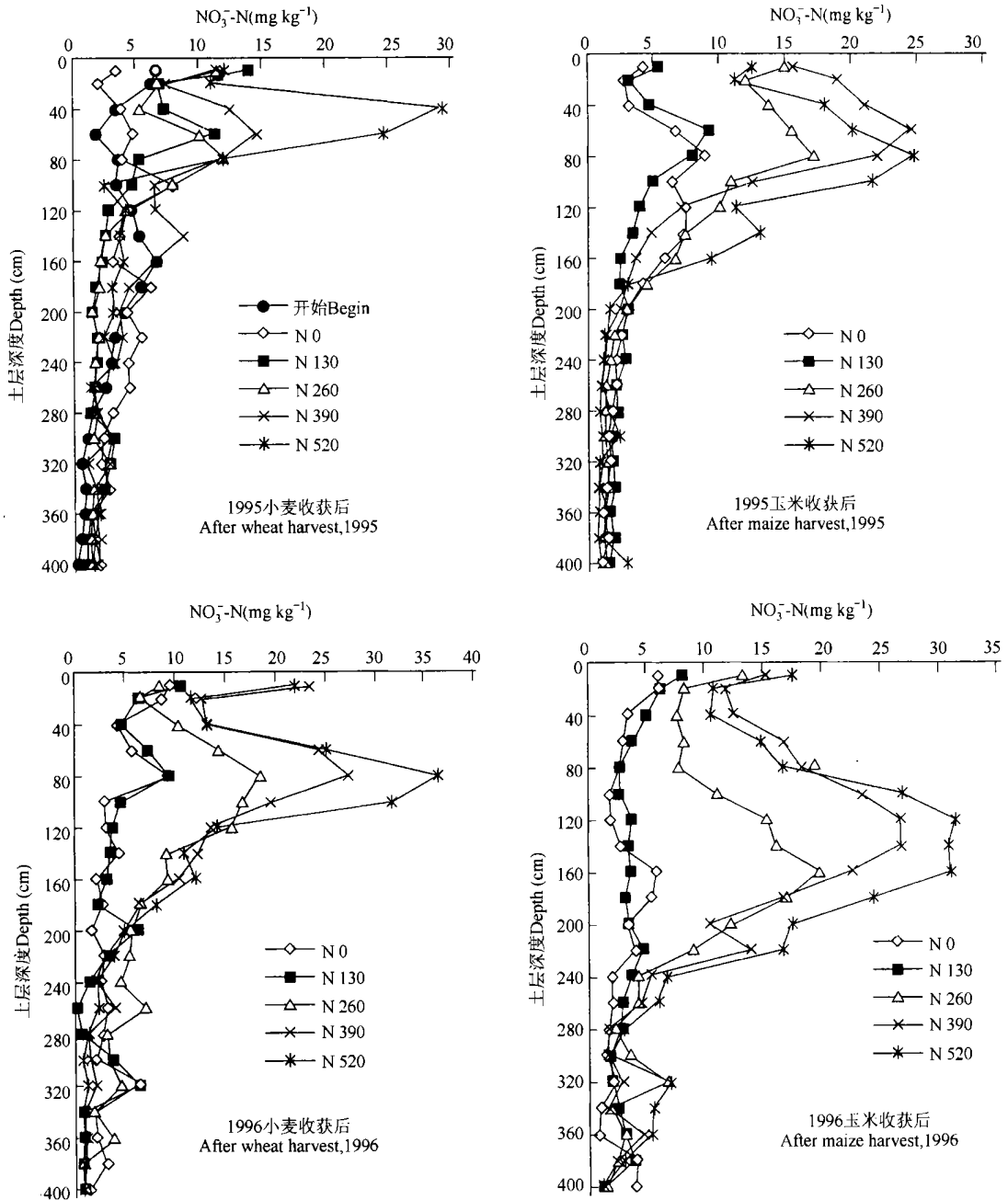


图 1 不同施氮量对硝态氮时空动态变化的影响

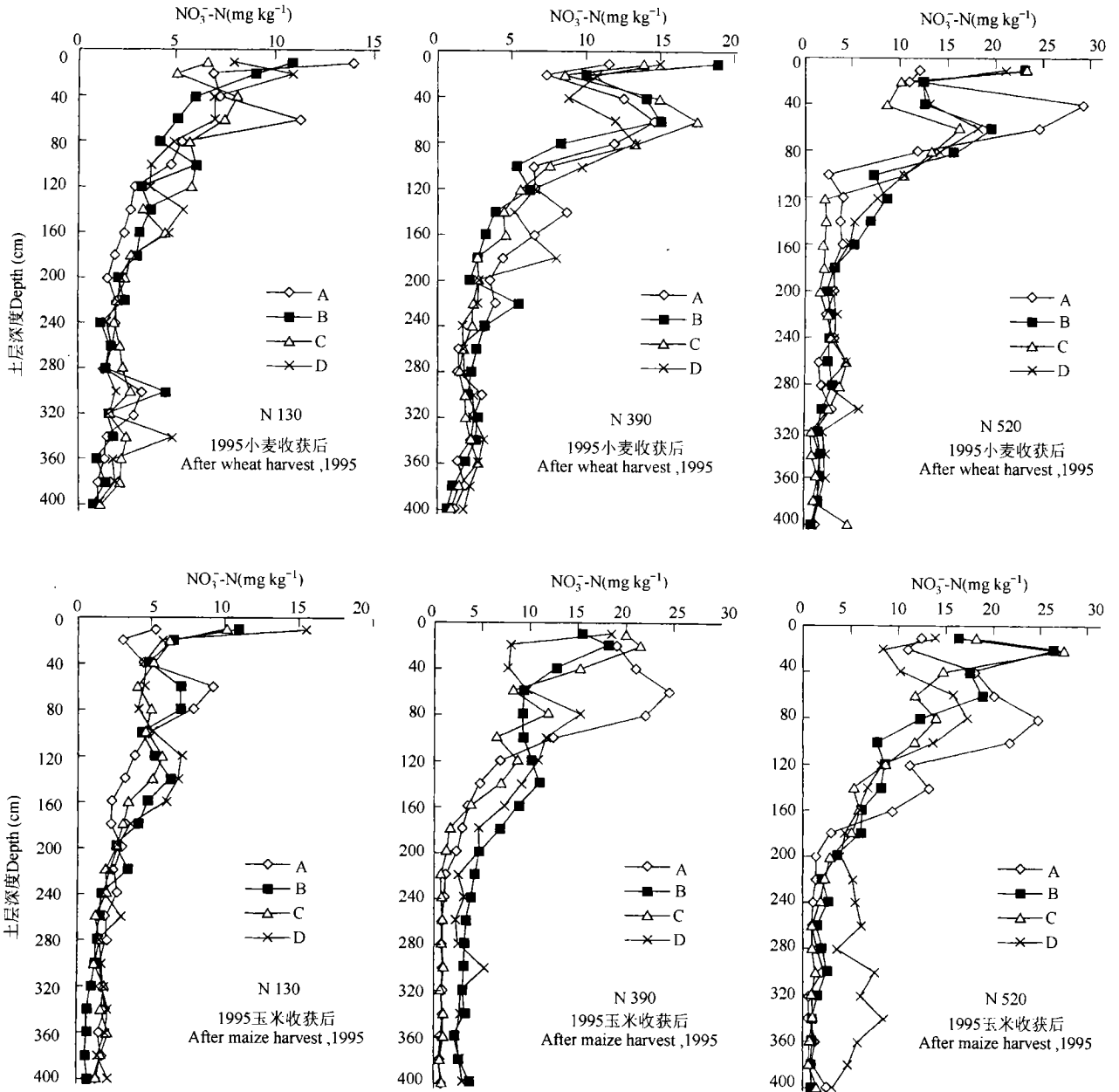
Fig 1 Effect of N rate on spatial and temporal changes of nitrate nitrogen in soil profile

土上的研究结果相似。土 0~ 80 cm 为粉砂质粘壤土, 第一季小麦收获前(1995 年 5 月 29 日) 硝态氮的累积峰在 40~ 80 cm 处, 随后第二季玉米和第三季小麦大部分硝态氮在 160 cm 以内, 相比第一季小麦硝态氮的移动减缓、滞留于 80~ 160 cm 土层中, 这一土段属于壤质粘土也就是粘化层(表 1)。粘化层的导水率极低, 阻碍硝态氮向下移动。在第四季玉米试验结束时硝态氮的累积峰移至 160cm 处, 这

意味着部分无机氮移出粘化层, 随着土壤导水率的增大, 在合适的条件下硝态氮将继续下移, 虽然存在干湿交替的活塞作用, 但这部分氮已超过根区范围, 加之微生物随土层深度增加急剧下降, 残留氮将不可能被微生物利用或以反硝化而损失, 这些氮将最终继续下移进入地下水。

2.3 不同施肥方法对硝态氮剖面分布、累积的影响

2.3.1 硝态氮剖面分布 在 1995 年小麦收获前



A: 播前一次施N applying one time before sowing; B: 溶解后播前一次施 Dissolved N applying one time before sowing;
 C: 播种 4 周溶解一次施 Dissolved N applying one time after 4 weeks of sowing; D: 两次施 N split application,
 30% applied before sowing and 70% applied at riving stage for wheat and at elongation stage for maize

图 2 氮肥施用时间对硝态氮剖面分布的影响

Fig. 2 Distribution of nitrate nitrogen in soil profile under different N applying time

(1995年5月29日), 不同施肥时间不同氮肥用量 0~400 cm 土层内硝态氮主要集中在 120 cm 以内, 曲线分布形状有共同趋势(图2)。年施氮量 $N 130 \text{ kg hm}^{-2}$ 处理, 整个土壤剖面硝态氮含量从上至下逐渐减小, 分布相对均匀。处理 $N 390 \text{ kg hm}^{-2}$ 各施肥时间硝态氮剖面分布均出现两个累积峰, 第一个峰为表层 10 cm 处, 第二峰值 A、B 和 C 为 60 cm, D 为 80 cm。在 $N 520 \text{ kg hm}^{-2}$ 处理中硝态氮剖面分布也有两个累积峰, 第一个峰值均出现在 10 cm 处, 第二个累积峰 C 为 40 cm 处, A、B 和 D 为 60 cm 处。

玉米成熟时(1995年9月28日), 各施肥时间硝态氮剖面分布主要集中在 160 cm 以内, 但曲线分布形状稍有不同(图2)。年施氮量 $N 130 \text{ kg hm}^{-2}$ 处理硝态氮剖面分布与小麦相似, 硝态氮浓度在表层 10 cm 最高, 随土层深度增加逐渐降低至稳定的水平。施氮量 $N 390 \text{ kg hm}^{-2}$ 处理, 方法 C 只有一个累积峰为 60 cm 处, A、B 和 D 均出现两个累积峰: A 的第一个峰为 20 cm, 第二个峰值为 80 cm; B 的第一个累积峰也出现在 20 cm 处, 然后在 140 cm 出现第二个小峰; D 的第一个峰值在 10 cm, 第二个峰值在 80 cm 处。施氮量 $N 520 \text{ kg hm}^{-2}$ 处理, 硝态氮剖面分布分为两种: A 和 B 有相似的曲线形状均在 20 cm 处出现一个累积峰, 而后硝态氮含量随土层深度逐渐降低; C

和 D 均有两个累积峰, 表层 10 cm 为第一个小峰, 之后在 20 cm 含量下降后又上升至 80 cm 出现第二个峰值, 且 D 在较深土层硝态氮的浓度较 A、B 和 C 高。

在氮用量 $N 130 \text{ kg hm}^{-2}$ 的情况下, 小麦—玉米轮作一年之后, 硝态氮的剖面分布均匀没有累积, 不受施氮时间的影响。而施氮量 $N 390 \text{ kg hm}^{-2}$ 时, 与小麦收获相比玉米成熟时硝态氮在剖面中分布稍有变化, 方法 B 和 D 较 A 和 C 向下层移动稍快; $N 520 \text{ kg hm}^{-2}$ 的用量下 C 和 D 较 A 和 B 稍快。不同氮用量下在 土小麦—玉米轮作一年期间, 结果显示不同施氮时间对硝态氮在土体中的分布、移动没有明显的影响规律。Sieling 等^[16]认为硝态氮淋洗常常不是被氮肥用量和施用时间控制, 而是其它因子如生长季节和作物种类。

2.3.2 作物产量及肥料氮回收 就小麦而言, 只有施氮量 $N 390 \text{ kg hm}^{-2}$ 处理, 施用时间 A 的籽粒产量显著高于 C 和 D 外, 秸秆产量及其它两个氮用量下籽粒和秸秆产量均差异不显著; 玉米的反应不同, 氮用量 $N 130 \text{ kg hm}^{-2}$ 处理 A 和 C 籽粒产量明显高于 B 和 D, $N 520 \text{ kg hm}^{-2}$ 用量下 A 和 B 显著低于 C 和 D, 其它情况下四个施氮时间则没有差异。再之, 小麦、玉米在各个氮水平下不同施氮时间对收获指数均没有影响。

表5 不同施氮时间对作物产量及氮回收率的影响

Table 5 Effect of application time of nitrogen on crop yield and N recovery

氮肥用量 N fertilizer rate ($\text{kg hm}^{-2} \text{ a}^{-1}$)	施氮时间 Application time	小麦产量 Wheat yield (kg hm^{-2})			玉米产量 Maize yield (kg hm^{-2})			氮回收率 N recovery (%)		
		籽粒 Grain	秸秆 Straw	收获指数 Harvest index (%)	籽粒 Grain	秸秆 Straw	收获指数 Harvest index (%)	作物 Crop	土壤 Soil	总和 Soil+ Crop
0		3 680	4 235	52.0	3 744	5 911	38.4			
130	A	4 966	6 526	43.2	6 124a	6 198	49.7	70.1	- 13.5	56.5
	C	4 456	6 498	40.7	5 775a	6 011	49.0	56.3	- 14.0	42.3
	D	5 073	7 567	40.1	4 567b	5 490	45.4	53.1	6.9	60.0
390	B	5 395	7 315	42.4	4 338b	5 881	42.5	57.5	- 4.5	53.0
	A	6 112a	8 074	43.1	6 516	7 010	48.2	34.7	40.9	75.5
	C	5 087b	8 429	37.6	5 834	6 635	46.8	26.2	17.8	44.0
520	D	5 101b	7 126	41.7	5 982	6 373	48.4	24.5	36.6	61.1
	B	5 656ab	8 711	39.4	5 514	6 968	44.2	29.1	42.4	71.5
	A	5 224	7 539	40.9	5 242	5 908a	47.0	16.4	41.4	57.8
520	C	5 322	8 168	39.5	4 784	7 313b	39.5	18.7	24.5	43.2
	D	5 313	8 878	37.4	5 187	7 117b	42.2	20.0	39.9	59.9
	B	5 207	8 529	37.9	4 495	6 243a	41.9	15.8	30.2	46.0

在三个施氮水平不同施氮时间,小麦—玉米轮作一年肥料氮总回收率为 42.3%~75.5%。施氮水平 N 130 和 390 kg hm⁻²时,作物回收氮的趋势均为 A>B>C>D,而 N 520 kg hm⁻²用量下趋势则为 D>C>A>B。土壤剖面中残留硝态氮在施氮量为 130 kg hm⁻²时 A、B 和 C 均出现负值,只有 D 为正值,这意味着作物在吸收肥料氮的基础上也利用了土壤本身的有效氮。在 N 390 kg hm⁻²用量下残留硝态氮顺次为 B>A>D>C,而 N 520 kg hm⁻²的顺次为 A>D>B>C。三个氮水平下总的氮回收率依次为 D>A>B>C、A>B>D>C、D>A>B>C,而无论作物、土壤及总的氮回收,四个施用时间在小麦—玉米轮作一年无明显的规律。Jokela 和 Randall^[10]比较差减法¹⁵N 示踪发现,由于施氮后的激发效应,差减法较¹⁵N 示踪估计的氮回收率偏高,这也许掩盖了不同施用时间引起的差异。因此,土上氮肥施用时间应结合¹⁵N 示踪进行进一步研究。

参 考 文 献

- [1] Alexandratos N. World Agriculture: Towards 2010: An FAO study. FAO, Rome, John Wiley & Sons, New York, 1995. 190
- [2] Dale N. Ingredient analysis table. Feedstuffs, 1997, 69 (30): 24~ 31
- [3] Raun W R, Johnson G V. Improving nitrogen use efficiency for cereal production. Agronomy Journal, 1999, 91: 357~ 363
- [4] Keeney D R. Sources of nitrate to groundwater. In: Follett R F. ed. Nitrogen Management and Groundwater Protection. Developments in Agricultural and Managed forest Ecology 21. New York: Elsevier, 1989. 23~ 34
- [5] Theocharopoulos S P, Karayianni M, Gatzogiani P, et al. Nitrogen leaching from soils in the Kopais area of Greece. Soil Use Manage., 1993, 9: 76~ 84
- [6] 杨学云,张树兰,袁新民,等. 长期施肥对 土硝态氮分布、累积和移动的影响. 植物营养与肥料学报, 2001, 7(2): 134~ 138, 188. Yang X Y, Zhang S L, Yuan X M, et al. A long term experiment on effect of organic manure and chemical fertilizer on distribution, accumulation and movement of NO₃⁻-N in soil (In Chinese). Plant Nutrition and Fertilizer Science, 2001, 7 (2): 134~ 138, 188
- [7] Ottman M J, Pope N V. Nitrogen fertilizer movement in the soil as influenced by nitrogen rate and timing in irrigated wheat. Soil Sci. Soc. Am. J., 2000, 64: 1 883~ 1 892
- [8] Raun W R, Johnson G V. Soil plant buffering of inorganic nitrogen in continuous winter wheat. Agronomy Journal, 1995, 87: 827~ 834
- [9] Sowers K E, Pan W L, Miller B C, et al. Nitrogen use efficiency of split nitrogen application in soft white winter wheat. Agronomy Journal, 1994, 86: 942~ 948
- [10] Jokela W E, Randall G W. Fate of fertilizer nitrogen as affected by time and rate of application on corn. Soil Sci. Soc. Am. J., 1997, 61: 1 695~ 1 703
- [11] Boman R K, Westerman R L, Raun W R, et al. Time of nitrogen application: Effects on winter wheat and residual soil nitrate. Soil Sci. Soc. Am. J., 1995, 59: 1 364~ 1 369
- [12] 吕殿青,同延安,孙本华. 氮肥施用对环境污染影响的研究. 植物营养与肥料学报, 1998, 4(1): 8~ 15. Lu D Q, Tong Y A, Sun B H. Study on effect of nitrogen fertilizer use on environment pollution (In Chinese). Plant Nutrition and Fertilizer Science, 1998, 4(1): 8~ 15
- [13] 吕殿青,杨学云,张航,等. 陕西 土中硝态氮运移特点及影响因素. 植物营养与肥料学报, 1996, 2(4): 289~ 296. Lu D Q, Yang X Y, Zhang H, et al. Study on the characteristics of movement and leaching loss of NO₃⁻-N in Lou soil in Shaanxi and its influencing factors (In Chinese). Plant Nutrition and Fertilizer Science, 1996, 2(4): 289~ 296
- [14] Kanampiu F K, Raun W R, Johnson G V. Effect of nitrogen rate on plant nitrogen loss in winter wheat varieties. J. Plant Nutr., 1997, 20: 389~ 404
- [15] 梁东丽,同延安, Ove Emteryd, 等. 黄土性土壤剖面中 N₂O 气态损失的研究初报. 土壤学报, 2002, 39(6): 802~ 809. Liang D L, Tong Y A, Ove Emteryd, et al. Preliminary study of N₂O losses in soil profile on loessial soil (In Chinese). Acta Pedologica Sinica, 2002, 39(6): 802~ 809
- [16] Sieling K, Gunther Borstel O, Hanus H. Effect of slurry application and mineral nitrogen fertilization on N leaching in different crop combinations. J. Agric. Sci., 1997, 128: 79~ 86

NITRATE N MOVEMENT IN THE SOIL PROFILE AS INFLUENCED BY RATE AND TIMING OF NITROGEN APPLICATION

Zhang Shulan¹ Tong Yanan¹ Liang Dongli¹ Lu Dianqing¹ Emteryd Ove²

(1 College of Resources & Environment, Northwest Sci-Tech University of Agriculture and Forestry, Yangling, Shaanxi 712100, China)

(2 Swedish University of Agricultural Sciences, Sweden)

Abstract Nitrogen fertilizer is a potential contaminant of ground water. The purpose of this study was to determine influence of rate and timing of N fertilizer application on N movement in the soil during the crop growing season. Wheat and maize were grown alternately at Yangling, Shaanxi Province from Oct. , 1994 to Oct. , 1996. An experiment was conducted on effect of N application rate on N movement in cumulic cinnamon soil using urea with four rates that ranged from N 130- 520 kg hm⁻² a⁻¹ and an experiment on effect of timing of N application on the same soil with three rates and four timings from Oct. , 1994 to Oct. , 1995. The two experiments were laid out in a randomized complete block with three replications. After each crop harvest, the soil was sampled to a depth of 400 cm and analyzed for nitrate nitrogen.

Nitrogen rate had no influence on nitrate N movement in the soil after two years, but NO₃⁻-N had moved down beyond 200 cm in treatments with N rate higher than 130 kg hm⁻² a⁻¹. N rate increased NO₃⁻-N accumulation in the soil. The total recovery of N ranged from 62% to 82.7%, higher with wheat than with maize. Timing of application did not influence N fertilizer movement and N recovery, either. It was found that for irrigated wheat—maize rotation system in the region, most of the N recovered came from the top 200 cm of soil, regardless of N fertilizer practices.

Key words N rate; Timing of application; NO₃⁻-N movement; Wheat maize rotation