

黑土硝态氮移动规律及提高 氮肥利用率的研究

孙宏德 李 军 尚惠贤 刘淑环
刘成祥 吴国俊 刘 翔

(吉林省农科院土肥所,公主岭 136100)

提 要 本试验采用渗滤池技术,研究氮肥不同用量、不同品种、施肥方式及配比条件下,硝态氮的移动规律及其与玉米产量、氮肥利用率的关系。结果表明,施氮肥7天后,即有硝态氮的移动,淋失主要发生在雨季。淋失量随施肥量的增加而增加,不同品种、施肥方式也有差异但不显著。氮肥与磷、钾及有机肥配施,可明显减少硝态氮的移动淋失。施氮 $247.5\text{kg}\text{ha}^{-1}$ 淋失水硝态氮含量超过饮用水卫生标准 10mgL^{-1} 的限额,易使地下水污染。但淋失量不高。施氮 $165\text{kg}\text{ha}^{-1}$,配施磷、钾或有机肥,比单施氮增产15%以上,氮肥利用率提高20个百分点以上。

关键词 硝态氮;移动淋失;氮肥利用率;渗滤池

1 前 言

土壤中的氮,包括土壤本身存在的和施肥降水等外来的在经过土壤物理的、化学的、生物的系列过程后,其主要去向一是植物吸收;二是气态损失,包括挥发和反硝化损失;三是流失,包括径流、土壤浸蚀和淋失等。淋失是土壤中氮素过程中的一个重要方面和环节,它不仅影响氮肥利用率,而且还会造成地下水污染,危害人体健康。因此,土壤中氮素的淋失自50~60年代以来,引起了世界各国学者和国际组织的重视。K. Badzhov, J. C. Brogan, T. M. Adiscott 等众多学者对氮循环中的淋失状况,不同来源氮的淋失及影响因子,淋洗过程中离子间及与水分运动的关系等,进行了深入广泛的研究。认为硝态氮时空变异性大,影响淋洗因子多,不同生态系统淋洗模式不同。我国在土壤氮淋洗方面的研究有此薄弱。熊毅、朱兆良等认为氮淋失在我国不是氮素损失的主要问题,吴珊眉等的研究表明,水旱轮作氮素有较大的渗漏损失。

本试验于1992~1994年在国家黑土监测基地,采用养分渗滤池技术,土壤取样分析和渗滤液测定相结合,研究氮肥不同用量,不同品种及配比条件下,硝态氮的移动规律及其与作物产量的关系,为提高氮肥利用率提供科学依据。

2 自然条件

供试土壤为中层黑土,其基础土壤剖面理化性状见表1、表2。

试验所在的公主岭地区,无霜期120~140天,有效积温 $2600\sim 3000^{\circ}\text{C}$ 。4~5月月均气温为 $7\sim 16^{\circ}\text{C}$,6~8月为 $19\sim 25^{\circ}\text{C}$,9月份为 16°C 左右。年降水量 $500\sim 600\text{mm}$ 。多集中在7,8月份,约占全年的60%~70%,可达 $300\sim 400\text{mm}$ 。主产玉米,雨热同季,为一年一季雨养农区。

表 1 基础土壤剖面化学性状

发生层次	深度 (cm)	有机质	全 N	全 P ₂ O ₅	全 K ₂ O	碱解 N	速效 P ₂ O ₅	速效 K ₂ O	pH
		gkg ⁻¹			mgkg ⁻¹				
A ₁	0—30	23.3	1.53	1.41	23.1	102	20.6	190	7.6
AB	30—45	15.2	1.30	1.35	22.1	95	6.5	181	7.5
B	45—70	7.1	0.59	1.01	22.1	39	4.2	185	7.5
B _c	70—120	6.4	0.40	0.95	22.1	37	4.1	189	

表 2 基础土壤剖面机械组成

发生层次	深度 (cm)	各粒径(mm)土粒含量(%)				质地名称
		2.0—0.2	0.2—0.02	0.02—0.002	<0.002	
A ₁	0—30	5.50	32.81	29.87	31.05	壤质粘土
AB	30—45	2.91	33.09	37.18	27.15	壤质粘土
B	45—70	2.75	37.76	45.32	13.00	粉砂质壤土
B _c	70—120	1.41	38.93	44.20	14.68	粘壤土

3 材料和方法

试验设在国家黑土肥力和肥料效益监测基地回填土式渗滤池内。其物理性状见表 3。共 40 个微区,微区面积 2m²(2.1m×0.95m×1.2m),可采取 20,40,60,120cm 土样和渗滤液。

表 3 养分渗滤池物理性状

深度 (cm)	容重 (g/cm ³)	孔隙组成(%)			自然含水量 (%)
		总孔隙度	田间持水孔隙	通气孔隙	
0—20	1.20	55.5	35.6	15.8	17.6
20—40	1.26	50.2	35.0	14.7	14.8

试验设计为 10 个处理,4 次重复,顺序区组排列。处理如下:

	kg ha ⁻¹		kg ha ⁻¹
① 尿素 N ₁	165.0	⑥ 硝酸 N ₂	247.5
② 尿素 N ₂	247.5	⑦ 尿素 N ₂	247.5,1/3 口肥,2/3 追肥
③ 尿素 N ₃	330.0	⑧ 尿素 N ₂	247.5+有机肥(M)15000
④ 尿素 N ₁	165.0+P ₂ O ₅ 82.5	⑨ 尿素 N ₂	247.5 不种
⑤ 尿素 N ₁	165.0+P ₂ O ₅ +K ₂ O82.5	⑩ CK	

有机肥作底肥撒施。化肥除⑦处理外,均作种肥条施,供试作物为玉米四单 48。株行距为 70×30cm。4 月下旬播种,9 月下旬收获。播种后 7 天、15 天、40 天、70 天、100 天,分层取土,池底有渗滤液时,也定期取样,记录其容积,测定硝态氮。新鲜土样用 0.5%Ca(OAC)溶液浸提 NO₃-N(1:2 土水比),硝酸试粉法比色分析硝态氮含量。

4 试验结果

4.1 硝态氮的移动与肥料品种、施用量等的关系

4.1.1 硝态氮的移动与肥料品种的关系

施用尿素和硝铵,上层(0~40cm)硝态氮的含量都大于下层。硝铵前期的移动量略大于尿素,40 天后基本趋于一致。作物生育期硝态氮移动量,硝铵比尿素高 7.5%左右,见表 4。

4.1.2 硝态氮的移动与施肥量的关系

施用不同量的尿素,硝态氮移动呈明显的差异。即高量大于中量大于低量大于对照。作物生育期,高量尿素硝态氮移动总量比中量高 15.9%,比低量高 71.8%。肥料硝态氮下移量

表 4 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 移动与肥料品种的关系

序号	肥料品种	深度 (cm)	播后时间($\text{NO}_3^- - \text{N}$ mgkg^{-1})					总移动量
			7天	15天	40天	70天	100天	
2	中量尿素	20	14.7	23.2	16.6	16.6	9.2	224.5
		40	13.2	66.0	13.1	13.3	10.9	
		60	8.7	13.4	16.2	16.3	12.8	
6	中量硝酸铵	20	19.7	27.2	17.6	16.9	10.0	241.5
		40	18.2	26.0	11.9	17.6	8.0	
		60	13.0	20.0	17.0	8.3	10.2	

依次为 180.8, 145.72 mgkg^{-1} 。不种作物与种作物硝态氮移动前期差异不大,雨季差异较大,总移动量高 11.3%。见表 5。

表 5 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 移动与施用量的关系

序号	尿素量	深度 (cm)	播后时间($\text{NO}_3^- - \text{N}$ mgkg^{-1})					总移动量
			7天	15天	40天	70天	190天	
10	CK	20	3.1	3.4	7.4	7.5	8.1	79.5
		40	6.0	7.2	3.5	7.3	5.3	
		60	5.2	3.1	3.1	6.2	3.1	
1	低量	20	7.9	18.4	13.1	18.6	8.5	151.5
		40	10.6	21.4	11.0	7.4	7.6	
		60	9.6	4.5	3.8	5.9	3.2	
2	中量	20	14.7	23.2	16.6	16.6	9.2	224.5
		40	13.2	26.0	13.1	13.3	10.9	
		60	8.7	13.4	16.2	16.3	12.8	
3	高量	20	14.8	26.0	20.5	17.2	10.7	260.3
		40	13.3	39.0	20.4	13.4	19.3	
		60	10.2	15.8	8.5	18.3	13.3	
8	中量不种	20	8.4	25.6	14.5	23.9	12.9	249.8
		40	10.4	27.6	17.6	20.6	16.5	
		60	10.7	12.9	14.1	16.9	11.2	

4.1.3 硝态氮的移动与施肥方式的关系

硝态氮的移动因施肥方式不同而异。一次施口肥硝态氮移动量,前期明显高于口追二次施用,后期则低于二次施用。总移动量二者差异不明显。见表 6。

表 6 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 的移动与施肥方式的关系

序号	施肥方式	深度 (cm)	播后时间($\text{NO}_3^- - \text{N}$ mgkg^{-1})					总移动量
			7天	15天	40天	70天	100天	
2	口肥	20	14.7	23.2	16.6	16.6	9.2	224.5
		40	13.2	26.0	13.1	13.3	10.9	
		60	8.7	13.4	16.3	16.3	12.8	
7	口追肥	20	10.3	6.1	17.7	12.5	32.2	201.1
		40	10.3	11.3	16.2	6.5	17.6	
		60	9.9	5.1	17.0	11.9	16.5	

4.1.4 硝态氮的移动与肥料配比的关系

氮肥与磷、钾及有机肥配施,硝态氮移动量呈减少趋势。特别是播种 40 天后,移动量差异较大。生育期总移动量,氮、磷、氮、磷、钾配施,比单施氮减少 7%~17%,氮与有机肥配施

比单施氮减少 7% 左右。见表 7。这可能与氮和磷、钾及有机肥配施有利于作物生长发育有关。

表 7 NO_3^- -N 移动与肥料与配比的关系

序号	肥料配比	深度 (cm)	播后时间(NO_3^- -N mgkg^{-1})					总移动量
			7天	15天	40天	70天	100天	
1	N_1	20	7.9	18.4	13.1	18.6	8.5	151.5
		40	10.6	21.4	11.0	7.4	7.6	
		60	9.6	4.5	3.8	5.9	3.2	
4	N_1P	20	13.6	19.4	14.5	9.4	8.1	141.4
		40	13.0	9.1	11.2	7.9	8.2	
		60	9.1	4.1	5.8	4.5	3.5	
5	N_1PK	20	14.3	12.6	10.6	9.8	8.3	126.2
		40	15.8	7.0	5.7	7.7	8.1	
		60	9.5	4.2	3.5	5.1	3.4	
2	N_2	20	14.7	23.0	16.6	16.6	9.2	224.5
		40	13.2	66.0	13.1	13.3	10.9	
		60	8.7	13.4	16.2	16.3	12.8	
8	N_2M	20	16.1	18.3	19.4	16.9	11.2	210.6
		40	13.9	15.2	14.3	13.3	11.1	
		60	7.4	15.8	14.9	17.3	5.5	

表 9 NO_3^- -N 淋失总量及淋失率

处理	淋失总量 (mg)	差值	差值/总量 (%)	差值/肥料 总氮量(%)
CK	445.5	0		
N_1	609.2	163.7	26.9	0.5
N_2	913.9	468.4	51.3	0.9
N_3	1236.0	790.5	63.9	1.2
N_1P	556.5	111.0	20.0	0.3
N_1PK	552.8	107.3	19.4	0.3
硝铵 N_2	1013.5	568.0	56.0	1.1
N_2 分施	925.8	480.3	51.9	1.0
N_2M	974.1	528.6	54.3	1.1
N_2 不种	1150.5	705.0	61.2	1.4

4.2 硝态氮淋失及其相关因素

试验期硝态氮淋洗出 120 厘米土体状况,列入表 8、表 9。

表 8 NO_3^- -N 淋失与施用量等的关系

处 理	N_1	N_2	N_3	N_1P	N_1PK	硝铵 N	N_2 分施	N_2M	N_2 不种	CK
渗漏水量(L)	85.8	81.6	80.3	81.5	81.3	82.4	80.1	80.5	88.5	135.0
NO_3^- -N(mgL^{-1})	7.1	11.2	15.4	7.0	6.8	12.3	11.5	12.1	13.0	3.3
淋失量(mg)	609.2	913.9	1236.0	556.5	552.8	1013.5	925.8	974.4	1150.5	445.5

4.2.1 硝态氮淋失与降雨量的关系

4 月下旬到 6 月 20 日,总降雨量 95mm 左右,气候干燥,蒸发量大,120 厘米无渗漏水液。硝态氮淋失主要发生在 6 月下旬到 8 月下旬。其间降雨量达 300mm 以上。表明淋失与降雨关系密切。

4.2.2 硝态氮淋失与施肥量等因素的关系

表 8、表 9 表明,硝态氮淋失随施氮量增加而增加,即高量大于中量大于低量。施肥方式差异不大。硝铵淋失略高于尿素。氮肥与磷、钾配施,淋失量明显减少。这可能与作物生长旺盛,氮利用率高有关。

4.2.3 硝态氮淋失对地下水的污染

表 8 表明,施氮 247.5~330 kg ha^{-1} ,淋失的硝态氮含量为 11~15 mgL^{-1} ,超过饮用水卫生标准 10 mgL^{-1} ,易造成地下水的污染,故应当适当控制氮肥的施用量,提倡氮、磷、钾配合施用。

4.2.4 硝态氮的淋失量

表 9 表明,作物生长期,土壤氮素淋洗出 120cm 土体外的约 220 mg/m^2 ,即 2.2 kg ha^{-1} 左右,淋失总量随氮肥增加而加大。施氮 247.5~330 kg ha^{-1} ,淋失总量可达 4.5~6 kg ha^{-1} 。

差值法估计的肥料氮淋失率大约为 1% 左右。表明在常规管理和气候条件下,黑土区肥

料氮淋洗损失较少。

4.3 玉米产量变化

1992~1994年各处理玉米产量数量统计列入表10。各年子粒含水量均为18%。表10表明:氮肥与磷、钾及有机肥配施,产量达12000kg ha^{-1} 以上,与单施氮差异极显著。单施氮,以施氮247.5kg产量高,比低量(165kg)差异显著,与高产(330kg)差异不明显,尿素与硝酸铵,尿素一次或分次施,产量差异均不显著。各施肥处理均比对照增产显著。

表10 玉米产量及统计分析 (1992~1994年,单位,kg ha^{-1})

处 理	平均产量 X	x— 8790	x— 10395	x— 10860	x— 11775	x— 11880	x— 12135	x— 12195	x— 12250
N ₁ PK	12 420	3620**	2025**	1560**	645	540	280	225	165
N ₂ M	12 255	3465**	1860**	1395*	480	375	120	60	
N ₁ P	12 195	3405**	1800**	1335*	420	375	60		
N ₂ 分施	12 135	3345**	1740*	1275	360	255			
N ₂	11 880	3090**	1485*	1020	105				
硝酸 N ₂	11 775	2985**	1380*	915					
N ₃	10 860	2070**	465						
N ₁	10 395	1605*							
CK	8 790								

注,*5%L.S.D=1335.6kg ha^{-1} ,**1%L.S.D=1839.6kg ha^{-1}

4.4 氮肥利用率变化

差值法估算化肥氮利用率,各处理间的变化趋势与玉米产量基本一致。即氮肥与磷、钾及有机肥配合施用,氮肥利用率为32.5%~40.3%,比单施氮提高20~87个百分点,中量氮肥利用率大于低量大于高量。氮肥口追分施略高于一次施肥,尿素和硝氮的利用率差异不大,见表11。

表11 各处理N素利用率 (单位,kg ha^{-1})

处 理	化肥氮	作物吸氮量与CK差值	利用率(%)
N ₁	165.0	270.3	35.6
N ₂	247.5	302.3	67.6
N ₃	330.0	298.7	64.0
N ₁ P	165.0	294.3	59.6
N ₁ PK	165.0	301.2	66.5
硝酸 N ₂	247.5	299.7	65.0
N ₂ 分施	247.5	312.5	78.8
N ₂ M	247.5	315.2	80.5
CK	0	234.7	—

5 结 语

通过1992~1994年在渗滤池进行的监测研究表明:

5.1 施氮肥7天后,即有硝态氮的移动。淋洗损失主要发生在雨季。硝态氮的移动淋失随尿素施用量的增加而增加,与肥料品种、施肥方式也有关系,但差异不大,氮肥与磷、钾及有机肥配施,可明显减少硝态氮的移动淋失。

5.2 作物生长期硝态氮的淋失总量,源于土壤本身的约2kg ha^{-1} 左右。淋失总量随氮肥增加而增大。但淋失率不大,差值法估算肥料氮的淋失率约1%左右。

5.3 施氮肥247.5kg ha^{-1} ,淋失出120cm土体的硝态氮含量,超过欲用水卫生标准(10mg L^{-1}),易使地下水污染。故应控制氮肥施用量。

5.4 氮肥可明显提高玉米产量,以施氮165kg ha^{-1} ,配施磷、钾肥或有机肥,增产效果好,比单施氮增产15%以上,氮肥利用率提高20个百分点以上。单施氮用量以247.5kg ha^{-1} 效果比

较好。

参 考 文 献

- 1 熊毅等. 中国土壤(第二版). 科学出版社, 1990
- 2 朱兆良. 我国土壤供氮和化肥氮去向研究的进展. 土壤, 1985, 17(1): 2-9
- 3 朱兆良. 土壤中氮素的转化和移动的研究近况. 土壤学进展, 1979(1): 1-16
- 4 吴珊眉等. 有机—无机肥配施下氮钾的渗漏损失. 南京农业大学学报, 1991, 14(3): 68-72
- 5 K. Badzhov, et al. ^{15}N for studying nitrogen transformations in soil nitrogen nutrition of plants, and in assessing available nitrogen in soil. In N-15 in soil-plant studies IAEA, 1971
- 6 J. C. Brogan. Nitrogen losses and surface run-off from landspreading of manures. Martinus Nihoff/Dr. W. Junk publishers, the Hague, 1981
- 7 T. M. Adiscott, et al. Farming, Fertilizers and the nitrate problem. C. A. B. International, UK, 1991

THE RESEARCH OF MOVING REGULARITY ON $\text{NO}_3\text{-N}$ OF BLACK SOIL AND INCREASING UTILIZATION RATIO OF NITROGEN FERTILIZER

SHUN Hongde, LI Jun, and SHANG Huixian et al.

(Institute of soil and Fertilizer, Jilin Academy of Agricultural Sciences, Gong Zhuling 136100)

Abstract: The technique of percolation pond was used in this experiment. The relation of moving regularity of $\text{NO}_3\text{-N}$ with corn yield, utilization ratio of nitrogen fertilizer was researched in the conditions that the quantity of nitrogen fertilizer, tape of nitrogen fertilizer, the method of apply fertilizer and formation of fertilizer were differnt. The result of research indicat: The $\text{NO}_3\text{-N}$ began to move 7 days after the nitrogen fertilizer was applied. It is percolated mainly in rainy seasen. The quantity of percolation was increased when the quantity of applying fertilizer was increased. There is distinction in differead kind fertilizer and method of applying, but it is not significat. The $\text{NO}_3\text{-N}$ loss is remarkably decreased, when N. P. K and organic fertilizer were mixed to apply. The limit of sanitary standard (10mgL^{-1}) of $\text{NO}_3\text{-N}$ in drinking water is exceeded in this percolated water, when applying nitrogen was $247.5\text{kg}\text{ha}^{-1}$. But the total quantity of percolated loss is not high. When nitrogen $165\text{kg}\text{ha}^{-1}$ mixed with P. K and orgaric fertilizer was applied, the yield is increased 15% than applying single nitrogen, while utilization ratio of nitrogen fertilizer was increased by 20%.

Key words: $\text{NO}_3\text{-N}$, Percolation loss, Utilization ratio of nitrogen, Percolation pond.