

不同肥水条件对旱地土壤供氮能力的影响

杜建军 李生秀 李世清 高亚军 徐会善

(西北农业大学资源与环境科学系,陕西杨凌 712100)

摘 要 采取种植 4 年 5 料作物不同肥水配合田间定位试验田块的土样,研究不同肥水条件对土壤供氮能力的影响。结果表明施用氮肥能明显地提高土壤 0~60 cm 的 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 可矿化氮、有机质和全氮含量;这些测定值与施氮量间达到或接近显著相关。施肥对 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 含量影响不大;灌水对土壤矿质氮、有机质和全氮含量无显著影响,但有利于土壤有机氮的矿化。

关键词 肥水条件,旱地土壤,供氮能力

分类号 S158.2

土壤供氮能力是指土壤在作物生长期能为作物提供的可利用的有效氮量。这部分氮素主要是起始矿质氮和可矿化氮^[1~4]。土壤对作物的供氮量可占到作物吸氮量的 45%~82%,土壤氮素矿化是氮素转化和移动过程的综合反映^[1],因此,土壤供氮能力的高低,不仅与土壤性质有关,而且与施肥、灌水、耕作等措施有关。本文采用不同肥水处理的长期定位试验土样,研究氮肥和灌水对旱地土壤供氮能力的影响。

1 材料和方法

1.1 供试土壤

供试土壤采自陕西省澄城县西北农业大学试验基地的定位试验田块。试验设不灌水和每生育期补充灌水 60 mm 2 个水分处理;设不施和每公顷施 37.5, 75.0, 112.5, 150.0 kg 氮素(以尿素为氮源)5 个施氮水平,组成完全方案,共 10 个处理,3 次重复,小区面积 20 m²,各小区以普通过磷酸钙 1 500 kg/hm² 作肥底。试验从 1992 年种植春玉米开始,以后每年仅种植一料小麦,1996 年小麦收获后,采集土样。试验连续种植了 4 年 5 料作物。

1.2 矿化氮测定与土样化学分析

矿化氮测定用 Stanford 等人^[5]的短期好气培养法。称取 15.00 g 土样和等量石英砂(1 mm < d < 2 mm),加少量蒸馏水,湿润后充分混匀,使形成具有良好结构的土砂混合物。将此混合物移入预先装有一个玻璃珠和 15 g 石英砂且垫有一层玻璃丝的 50 mL 塑料注射器(淋洗管)内,上盖一层玻璃丝及石英砂(避免淋洗时土壤分散),装好后轻震几下,用 100 mL 0.01 mol/L CaCl_2 溶液分 4 次淋洗土壤中起始矿质氮后,加入 25 mL 无氮营养液(0.02 mol/L CaSO_4 , 2 mmol/L MgSO_4 , 5 mmol/L $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$, 2.5 mmol/L

收稿日期 1997-12-12

课题来源 国家自然科学基金资助项目,39770425

作者简介 杜建军,男,1966 年生,讲师,硕士

K₂SO₄)后,加盖橡皮塞,多余的水分在 8 kPa 负压下抽去,然后拔掉橡皮塞用扎有小口的塑料薄膜密封管口。置恒温箱 (35± 1)℃中进行预培养,7 d 后同上法淋洗;随后,又培养 14 d 再淋洗其矿质氮,收集各次淋洗液,并测定其中的矿质氮。

土壤矿质氮用 Bremner 法浸提^[6],连续流动分析仪测定^[7];土壤有效磷用 Olsen 法;有机质用重铬酸钾硫酸外加热容量法;全氮用半微量开氏法

2 结果与讨论

2.1 不同肥水条件对土壤矿质氮的影响

大量研究表明,土壤中的矿质氮,特别是 0~ 60 cm 土层的起始 NO₃⁻ - N 能很好地反映旱地土壤的供氮能力,与作物吸氮量及产量等有密切的相关性^[3,4,8- 10]。旱作条件下,若不考虑夏季休闲期间土壤矿质氮变化,则前作土壤残留矿质氮实际上就是后作土壤起始矿质氮。结果表明(表 1),施用氮肥明显地提高了土壤残留 NO₃⁻ - N,并随施氮量的增加而增加。未灌水条件下,0~ 60 cm 及 0~ 120 cm 土壤 NO₃⁻ - N 累积与施氮量的关系均达到了显著相关关系。就灌水和未灌水处理的综合效果看,平均施氮 93.75 kg/hm²,使两个层次土壤中 NO₃⁻ - N 累积量分别增加了 12.5 和 22.0 kg/hm²。不同施氮量并未引起土壤残留 NH₄⁺ - N 的明显变化,但所有施肥处理的 NH₄⁺ - N 含量均比未施肥的高。NO₃⁻ - N 和 NH₄⁺ - N 总量与施氮量的关系也达到或接近显著水平。灌水对土壤残留矿质氮无明显影响

表 1 不同肥水条件对土壤矿质氮的影响

矿质氮	灌水量 /mm	土层 /cm	施氮量 /(kg·hm ⁻²)					平均施氮 / 总平均 / 与施氮量的		
			0	37.5	75.0	112.5	150.0	(kg·hm ⁻²)	(kg·hm ⁻²)	相关系数
NO ₃ ⁻ - N	0	0~ 60	62.4	77.3	72.9	78.8	88.2	79.5	76.1	0.898
		0~ 120	105.2	129.6	125.0	132.6	161.6	137.1	130.8	0.904
	60	0~ 60	68.7	74.9	66.3	78.8	86.6	76.7	75.0	0.772
		0~ 120	125.0	126.3	122.0	134.1	166.1	137.1	134.7	0.786
NH ₄ ⁺ - N	0	0~ 60	143.6	158.4	167.7	167.7	154.5	162.2	158.4	0.488
		0~ 120	283.5	298.7	323.1	312.5	289.5	306.0	301.5	0.250
	60	0~ 60	143.6	160.7	174.0	163.8	168.5	166.8	162.2	0.727
		0~ 120	274.4	307.8	311.0	310.8	320.1	312.5	304.8	0.847
O ₃ ⁻ - N+ NH ₄ ⁺ - N	0	0~ 60	206.0	235.7	241.1	246.5	242.7	241.5	234.3	0.815
		0~ 120	388.7	428.3	448.1	445.1	451.1	443.1	432.2	0.864
	60	0~ 60	212.3	235.5	240.3	242.6	255.0	243.3	237.2	0.935
		0~ 120	399.3	434.1	432.9	444.9	486.2	449.6	439.3	0.935

注: r_{0.01}= 0.959, r_{0.05}= 0.877, n= 5,下同

2.2 不同肥水条件对土壤可矿化氮的影响

可矿化氮主要来自土壤有机氮的矿化,在北方旱地作物生长期,有时竟有 10% 左右的有机氮矿化被作物吸收利用^[10]。胡田田等^[11,12]研究表明,旱地土壤通气培养 21 d, 0~ 45 cm 土层矿化 NO₃⁻ - N 总量的效果仅次于 0~ 60 cm 土层起始 NO₃⁻ - N 的含量。表 2 表明,无论矿化 7 d(预培养),矿化 14 d(正式培养)或矿化 21 d(预培养加正式培养),0~ 20 cm 土壤可矿化氮与施氮量有显著或极显著相关性。土层加深,不仅矿化氮降低,而且矿化氮与施氮量的相关性也降低,但 0~ 60 cm 土层的总矿化氮与施氮量仍具有较高的

相关性,表明增施氮对提高土壤可矿化氮有明显的影响。但是土壤矿化氮的累积量自上层向下层依次降低,这种现象除因上层有机质丰富外,可能还与氮肥的激发效应有关^[13]。从灌水效果看,灌水使 7 d 矿化氮量降低,而使 14 d 矿化氮量增加(*t* 检验表明,灌水处理 0~ 60 cm 7 d, 14 d 矿化氮量与未灌水的差异分别达 5% 和 10% 的显著水平),对 21 d 0~ 60 cm 总矿化氮影响不大,但 0~ 20 cm 土壤总矿化氮量灌水比未灌水者仍增加 7.6 kg/hm² (*t* = 4.45^{*})。为什么灌水对 7 d 矿化氮和 14 d 矿化氮产生不同的影响呢? 原因是 7 d 预矿化的目的主要在于消除植物残体及土壤中易分解新鲜有机物的影响^[5], 灌水处理土壤由于水分条件较好,这些有机物质在田间可能分解较多,从而使培养 7 d 时的矿化氮量减少。总的看来,灌水有利于土壤氮素矿化,但影响远不及施肥大,这与以往的田间试验结果一致^[14]。

表 2 不同肥水条件对土壤可矿化氮的影响

矿化时间 /d	灌水量 /mm	土层 /cm	施氮量 /(kg·hm ⁻²)				平均施氮 / 总平均 / 与施氮量的		
			0	37.5	75.0	112.5	(kg·hm ⁻²)	(kg·hm ⁻²)	相关系数
7	0	0~ 20	16.2	22.1	21.5	24.2	28.1	24.0	0.946 [*]
		20~ 40	11.4	26.9	18.2	21.6	30.3	21.6	0.695
		40~ 60	13.5	20.9	15.6	17.1	28.7	20.6	0.705
		0~ 60	41.1	69.8	55.2	62.9	87.0	63.2	0.788
	60	0~ 20	16.2	17.3	17.4	24.2	24.9	21.0	0.918 [*]
		20~ 40	12.2	19.8	18.5	15.8	19.4	18.3	0.514
		40~ 60	9.0	18.2	17.8	14.9	17.6	15.0	0.599
		0~ 60	34.7	55.2	51.6	54.8	61.8	52.1	0.845
14	0	0~ 20	20.4	22.5	21.8	27.3	28.8	25.1	0.929 [*]
		20~ 40	14.9	21.2	22.7	21.3	33.8	24.8	0.875
		40~ 60	5.9	18.0	14.4	13.8	9.3	14.0	0.09
		0~ 60	41.1	61.7	58.8	62.4	71.9	63.8	0.877
	60	0~ 20	25.7	27.5	34.7	40.4	40.5	35.7	0.964 [*]
		20~ 40	16.4	20.6	22.5	22.5	33.6	24.8	0.902 [*]
		40~ 60	7.2	10.2	19.8	8.9	14.0	13.2	0.383
		0~ 60	49.2	58.2	77.0	71.7	88.1	73.7	0.940 [*]
21	0	0~ 20	36.6	41.9	43.2	51.5	56.9	48.3	0.959 [*]
		20~ 40	26.3	48.0	40.8	42.9	64.1	48.9	0.817
		40~ 60	19.4	38.9	30.0	30.9	38.0	34.5	0.590
		0~ 60	82.2	128.7	114.0	125.3	158.9	131.7	0.856
	60	0~ 20	41.9	44.7	52.1	64.5	65.4	56.7	0.968 [*]
		20~ 40	28.5	40.4	41.0	38.3	53.0	43.2	0.849
		40~ 60	16.2	28.4	35.6	23.7	31.5	29.9	0.550
		0~ 60	86.6	113.4	128.6	126.5	149.9	129.6	0.949 [*]

注: NH₄ - N 含量甚少,未纳入计算。

2.3 不同肥水条件对土壤有机质和全氮的影响及其与可矿化氮的关系

土壤有机质和全氮含量在衡量土壤供氮能力方面虽不及矿质氮和可矿化氮灵敏,但由于它们常与可矿化氮有密切关系,故也常用作土壤供氮指标。表 3 表明,施氮能明显地提高土壤有机质和全氮含量,0~ 20 cm 土层中二者的含量与施氮量、21 d 矿化氮量有显著的相关关系。随土层深度增加,相关系数降低。但从 0~ 60 cm 土层的均值看,仍保持着较高的相关性,相关系数达到或接近 5% 显著水平。灌水对土壤有机质和全氮含量影响不

大,在 0~ 60 cm 土层中,灌水比不灌水有机质含量降低 6. 3% ,全氮降低 2. 3% .

表 3 不同肥水条件对土壤有机质及全氮含量的影响

土壤 养分	灌水量 / mm	土层 / cm	施氮量 /(kg· hm ^{- 2})					平均施氮 / (kg· hm ^{- 2})	总平均 / (kg· hm ^{- 2})	与施氮量 的相关 系数	与 21 d 矿化氮 相关系数
			0	37. 5	75. 0	112. 5	150. 0				
有机质	0	0~ 20	9. 3	11. 3	11. 6	12. 5	12. 4	12. 0	11. 4	0. 906 ^a	0. 959 ^a *
		20~ 40	9. 4	9. 8	11. 4	10. 6	15. 7	11. 9	11. 4	0. 836	0. 860
		40~ 60	7. 9	9. 8	9. 8	9. 2	10. 3	9. 8	9. 4	0. 718	0. 290
		平 均	8. 9	10. 3	10. 9	10. 8	12. 8	11. 2	10. 7	0. 937 ^a	0. 853
	60	0~ 20	9. 5	9. 3	10. 2	11. 5	13. 4	11. 1	10. 8	0. 931 ^a	0. 903 ^a
		20~ 40	8. 8	10. 6	10. 1	9. 6	12. 7	10. 8	10. 4	0. 733	0. 973 ^a
		40~ 60	7. 5	9. 9	9. 5	7. 9	9. 7	9. 3	8. 9	0. 341	0. 718
		平 均	8. 6	9. 9	9. 9	9. 7	11. 9	10. 4	10. 0	0. 849	0. 859
全 氮	0	0~ 20	0. 94	0. 97	0. 99	1. 01	1. 03	1. 00	0. 99	0. 966 ^a *	0. 895 ^a
		20~ 40	0. 79	0. 83	0. 86	0. 90	0. 96	0. 89	0. 87	0. 992 ^a *	0. 841
		40~ 60	0. 74	0. 71	0. 75	0. 78	0. 86	0. 78	0. 77	0. 857	0. 275
		平 均	0. 82	0. 84	0. 87	0. 90	0. 95	0. 89	0. 88	0. 987 ^a *	0. 936
	60	0~ 20	0. 80	0. 87	0. 87	0. 98	1. 12	0. 96	0. 93	0. 947 ^a	0. 914 ^a
		20~ 40	0. 74	0. 90	0. 85	0. 83	1. 07	0. 92	0. 88	0. 765	0. 669
		40~ 60	0. 67	0. 88	0. 80	0. 65	0. 87	0. 80	0. 77	0. 247	0. 857
		平 均	0. 74	0. 88	0. 84	0. 82	1. 02	0. 89	0. 86	0. 768	0. 915 ^a

参 考 文 献

1 朱兆良.土壤氮素的矿化和供应.见:中国土壤学会土壤氮素工作会议论文编辑组编.我国土壤氮素研究工作的现状与展望.北京:科学出版社,1986.4~ 27

2 朱兆良,文启孝主编.中国土壤氮素.南京:江苏科技出版社,1990

3 李生秀,付会芳,袁虎林,等.几种测定方法在反映土壤供氮能力方面的效果.土壤,1990,22(4): 194~ 197

4 李生秀,高亚军,胡田田,等.旱地土壤的合理施肥 I 旱地土壤的起始矿质氮与玉米对氮肥的反应.干旱地区农业研究,1993,11(增刊): 35~ 39

5 Stanford G, Smith S J. Nitrogen mineralization potentials of soils. Sci Soc Am Proc, 1972, 36 465~ 472

6 Bremner J M. Nitrogen availability indexes. In: Black C A ed. Methods of Soil Analysis, Madison, Wis. USA: Am Soc of Agron, 1965. 1324~ 1345

7 Smith K A, Albert S. Continuous-Flow and Discrete Analysis. In: Smith K A ed. Soil Analysis, New York, Basel, Marcel Dekker INC, 1983. 115~ 164

8 李生秀.关于土壤供氮指标的研究 I 对几种土壤供氮能力分析方法的评价.土壤学报,1990,27(3): 233~ 240

9 胡田田,李生秀.土壤供氮能力测试方法的研究 IV 土壤剖面中起始 NO₃ - N——可靠的土壤氮素有效性指标.干旱地区农业研究,1993,11(增刊): 74~ 82

10 胡田田,李生秀.土壤供氮能力的测试方法研究 II 几种测氮方法的测定值与作物吸氮量的关系.干旱地区农业研究,1993,11(增刊): 62~ 67

11 付会芳,李生秀.土壤氮素矿化与土壤供氮能力 III旱地土壤氮素矿化的数学模型.西北农业大学学报,1992,20(增刊): 59~ 62

12 胡田田,李生秀.土壤供氮能力的测试方法研究 III 0~ 100 cm土层可矿化氮对作物吸氮量的意义.干旱地区农业研究,1993,11(增刊): 68~ 73

13 袁留照.土壤硝态氮作为玉米施肥依据的研究.江苏农业科学,1985(6): 25~ 27

14 李生秀,李世清.不同水肥条件对旱地土壤速效氮磷养分的影响.干旱地区农业研究,1995,13(1): 6~ 13

The Effects of Different Fertilizer and Water Conditions on N-Supplying Capacities in Dryland Soil

Du Jianjun Li Shengxiu Li Shiqing Gao Yajun Xu Hunshan

(*Department of Resources and Environmental Science, Northwestern*

Agricultural University, Yangling, Shaanxi 712100)

Abstract The effects of different fertilizer and water conditions on N-supplying capacities in dryland soil were studied in the long-time experinent fields with different fertilizer and water treatments for four years with 5 crops in succession. The results obtained showed that N fertilizer application obviously increased the contents of $0\sim 60$ $\text{NO}_3^- - \text{N}$, mineralizable N, organic matter and total N, and there were significant correlations between them and N rates. But applying N fertilizer had no effect on $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ content in the soil layer. Also, irrigation had no obvious effect on the contents of mineral N, organic matter and total N, but it was beneficial to the mineralization of organic N.

Key words fertilizer and water conditions, dryland soil, N-supplying capacity