

# 耕垦对土壤氮素形态分布和 氨基酸组成的影响

施书莲 文启孝 廖海秋 周克瑜

(中国科学院南京土壤研究所)

## 摘 要

本文研究了耕垦对砖红壤和黑土的氮素形态分布和氨基酸组成的影响。结果表明,耕垦导致土壤中氨基酸态氮、N-苯氧基氨基酸态氮和非 $\alpha$ -氨基酸态氮含量下降;土壤中非水解性氮仍有一定的有效性。

土壤氮素是植物营养的主要来源之一。土壤氮素的形态与其有效性之间的关系是人们十分关心的一个问题。已有资料表明,耕垦将明显降低土壤中氨基酸的相对含量<sup>[1,2]</sup>,证明氨基酸态氮的有效性较高。但耕垦对碱性氨基酸和酸性氨基酸有何影响则还没有一致的意见<sup>[3-5]</sup>。对N-苯氧基氨基酸有何影响则未见报道。笔者在比较了热带地区的砖红壤和寒温带地区的黑土荒地及其开垦后的土壤的氮素形态分布和氨基酸组成后发现,荒地开垦后,不但氨基酸态氮的相对含量明显降低,且N-苯氧基氨基酸态氮和非 $\alpha$ -氨基酸态氮也程度不同的降低。

## 一、样品和方法

(一)样品 供试土壤共8组,分别采自海南岛发育于不同母质上的砖红壤(土样号1—18)和黑龙江发育于次生黄土上的黑土(土样号19—24)的表土<sup>\*</sup>。每组土壤均包括1个未垦(自然植被下)土壤和2个已耕垦的相应土壤。土壤的基本情况列于表1。

(二)分析方法 氮素形态分布用Bremner法<sup>[6]</sup>。土壤非交换性铵用Silva和Bremner法<sup>[7]</sup>。全氮量用凯氏半微量法。碳含量用丘林法。土壤氨基酸组成用“日立835”型氨基酸自动分析仪测定。除7、8号土样外,其余土样均系吸取部分水解液在低温下蒸干(反复3次),以除去盐酸,然后溶于0.05M HCl中供测定用。7、8号两个土样吸出部分水解液与1:1乙酰丙酮和氯仿混合,在pH低于6条件下反复提取至无色,在低温下蒸干数次以除去溶剂,然后溶于0.05M HCl中供测定用。

## 二、结果和讨论

### (一)耕垦对土壤碳、氮含量的影响

表1列出了各供试土壤的碳、氮含量。由表1可见,尽管所研究的各荒地土壤,特别是

\*供试土壤分别由林心雄和陆长青提供,谨此致谢。

表1

供试土壤的基本情况

土样号	土壤	母质	利用状况	C g/kg	N g/kg	非交换性 铵 mg/kg	C/N	C/有机N	pH
1			季雨林	19.1	1.91	68	10.0	10.4	6.2
2	砖红壤	花岗岩风化物	橡胶园(26)*	7.2	0.99	26	7.2	7.5	6.3
3			橡胶园(46)	9.7	0.96	42	10.0	10.6	6.1
4			什木林	20.1	1.69	95	11.9	12.7	5.4
5	砖红壤	砂岩风化物	橡胶园(10)	13.7	0.90	65	15.3	16.4	4.8
6			橡胶园(50)	12.5	1.23	156	10.2	11.6	4.3
7			森林地	23.6	2.80	57	10.0	10.4	5.6
8	砖红壤	玄武岩风化物	橡胶园(2)	18.7	1.80	62	10.4	10.8	5.5
9			橡胶园(12)	23.9	2.22	48	10.8	11.0	5.8
10			季雨林	20.7	2.17	33	9.5	9.7	6.1
11	砖红壤	片岩风化物	橡胶园(8)	19.2	2.03	35	9.5	9.6	5.5
12			老农地	7.6	0.64	17	11.9	12.2	6.2
13			热带雨林	23.3	2.14	60	10.9	11.2	5.4
14	砖红壤	花岗岩风化物	橡胶园(3)	15.3	1.42	25	10.8	11.0	5.7
15			橡胶园(7)	10.5	1.11	38	9.5	9.8	6.2
16			冈松芒箕	18.4	1.19	75	15.5	16.5	4.9
17	砖红壤	砂岩风化物	橡胶园(4)	14.6	1.10	74	13.3	14.2	5.6
18			橡胶园(8)	12.4	1.28	80	9.7	10.3	5.5
19			湿草原	38.0	3.48	255	10.9	11.8	—
20	黑土	次生黄土	农地(10)	26.2	2.50	240	10.5	11.6	—
21			农地(50)	16.4	1.72	—	9.5	—	—
22			湿草原	30.9	2.53	157	12.2	13.0	7.0
23	黑土	次生黄土	农地(11)	30.4	2.69	176	11.3	12.1	7.2
24			农地(80)	27.2	2.39	164	11.4	12.0	6.9

\* 括号内的数字为开垦年限。

热带的各荒地土壤开垦前的植被虽非原始植被，土壤有机质含量并不高，但辟为橡胶园或农地后，其碳含量均有不同程度的降低。在全碳量降低的同时，除18和23号土样外，全氮量也有相同的变化趋势，这和有关的报道基本一致<sup>[1]</sup>。18和23号土样的全氮含量为何较其相应的荒地略高，是由于耕垦后管理措施的不同，还是其它什么原因，目前还不清楚。在碳、氮降低的情况下，C/N或C/有机N比值并未出现有规律的变化。

### (二) 耕垦对土壤氮素形态的影响

表2列出了耕垦对土壤氮素形态分布的影响。表2表明，无论是砖红壤或黑土，耕垦后，其氨基酸态氮的相对含量均有不同程度的降低。水解液中铵态氮的相对含量大都呈上升的趋势，而氨基糖态氮及水解性未知态氮基本不变，非水解性氮则有升有降，变化不定。一些研究者也报道了类似的结果<sup>[1, 2, 8, 9]</sup>。这意味着氨基酸态氮的有效性较其它形态氮为高，即使是非水解性氮也并不是绝对难以分解的，在一定条件下，其有效性并不低于其它形态的氮。

### (三) 耕垦对土壤氨基酸组成的影响

文献中有关土壤氨基酸组成的报道众说纷纭。有作者认为，由于碱性氨基酸易形成交联

表 2

土壤的氮素形态分布(占全N%)

土样号	土壤	酸 解 性 氮					非水解性 N
		水解性总 N	铵 态 N	氨基酸 N	氨基糖 N	未知态 N	
1	砖红壤	81.5	29.5	29.6	4.7	17.7	18.5
2		80.2	35.2	19.6	5.8	19.6	19.8
3		75.4	28.7	19.5	5.7	21.5	24.6
4	砖红壤	84.1	34.1	37.6	1.5	10.9	15.9
5		89.4	41.9	36.0	1.3	10.2	10.6
6		90.4	40.9	26.9	1.1	21.4	9.6
7	砖红壤	84.7	32.1	43.3	2.4	6.8	15.3
8		81.8	38.9	34.4	2.3	6.2	18.2
9		78.9	35.1	40.7	2.6	0	21.1
10	砖红壤	80.8	27.2	30.9	3.8	18.9	19.2
11		79.9	31.3	29.8	2.4	16.4	20.1
12		79.5	29.8	23.4	4.1	21.2	20.5
13	砖红壤	90.0	37.7	34.6	1.6	16.1	10.0
14		74.1	34.6	22.8	1.3	15.4	25.9
15		77.4	39.9	21.7	3.2	12.6	22.6
16	砖红壤	78.7	29.5	26.1	4.8	18.3	21.3
17		85.8	38.9	22.9	4.3	19.7	14.2
18		87.0	50.5	20.2	7.3	9.0	13.0
19	黑 土	78.9	33.4	31.7	4.1	9.7	21.1
20		76.8	36.7	26.2	2.5	11.4	23.2
21		81.3	39.5	20.6	6.1	15.1	18.7
22	黑 土	87.7	25.0	35.5	6.3	20.9	12.3
23		65.5	22.6	28.1	4.5	10.3	34.5
24		80.8	24.4	30.7	6.3	19.4	19.2
	荒地, 平均值	83.3	31.1	33.7	3.6	14.9	16.7
	开垦后, 平均值	80.2	35.6	26.5	3.7	14.4	19.8

而处于较稳定状态,因而在分解作用较强烈的热带土壤中,它的相对含量较在分解作用较弱的寒温带土壤中为多;同理,在荒地土壤中,它的含量较在耕垦后有机质显著降低的土壤为多<sup>[4,10]</sup>。但另外一些作者的结果则反之<sup>[11-13]</sup>。我们的结果表明(表3),无论是热带的砖红壤或寒温带的黑土,也无论是荒地或其开垦后的土壤,它们的氨基酸组成大致相似,均以甘氨酸、天冬氨酸、谷氨酸、丙氨酸、亮氨酸、异亮氨酸等的相对含量较高,酸性、碱性和中性氨基酸均分别在21.2—23.4%,5.2—6.5%和66.2—70.6%之间。这表明,不管气候条件如何,耕垦对土壤的氨基酸组成均不产生明显的影响。不同作者之间所得结果为何有如此差异,原因还不清楚。但是已经知道,采用树脂柱脱盐将导致酸性氨基酸的损失。可能,由于不同作者对水解液采取不同的脱盐方法,这也许是造成上述差异的原因之一。

土样经6M HCl酸解后,其残渣中仍含有一定量的氨基酸,由于它们的N是直接和苯环连接的,因而只有用碱解或氧化酸解才能使之释放出来。对土壤残渣进行氧化酸解(3% H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> + 6M HCl)的结果表明,氧化酸解液的氨基酸组成与酸解液的组成有明显的不同,前者的酸性和中性氨基酸的相对含量较后者为低,但碱性氨基酸则有明显的增加,特别是赖氨酸及精

表 3

土壤的氨基酸组成( $\alpha$ -氨基酸N/总 $\alpha$ -氨基酸N $\times 100$ )

氨基酸种类	砖红壤		砖红壤		砖红壤		黑土	
	荒地 (1)*	耕地 (3)	荒地 (4)	耕地 (5)	荒地 (7)	耕地 (8)	荒地 (22)	耕地 (24)
酸性								
天冬氨酸	12.21	12.54	12.41	13.82	21.69	23.44	13.51	12.75
谷氨酸	9.56	9.39	8.82	9.61	—	—	9.26	9.12
总量	21.77	21.93	21.23	23.43	21.69	23.44	22.77	21.87
碱性								
赖氨酸	3.35	3.27	2.99	2.74	2.95	3.51	3.60	3.76
组氨酸	1.24	1.16	1.24	0.75	0.26	—	0.65	0.52
精氨酸	2.22	1.92	2.29	1.94	1.94	1.94	1.78	2.01
总量	6.81	6.85	6.52	5.43	5.15	5.45	6.03	6.29
中性								
苯丙氨酸	6.15	6.21	4.48	5.87	3.15	3.11	6.70	6.35
酪氨酸	6.53	6.53	3.17	2.88	2.06	—	6.14	6.00
甘氨酸	13.83	13.95	13.91	12.59	16.00	15.51	13.20	13.30
丙氨酸	9.21	8.74	9.41	9.35	15.48	17.67	9.60	9.62
缬氨酸	5.66	5.53	5.89	5.70	4.52	5.17	5.86	5.61
亮氨酸	7.65	8.45	7.86	8.19	7.23	8.15	8.75	8.99
异亮氨酸	8.24	7.98	10.06	7.95	6.01	7.04	7.91	8.33
丝氨酸	2.97	3.96	6.89	6.70	7.47	7.31	3.11	3.04
苏氨酸	4.80	5.04	6.68	6.91	5.00	4.42	4.33	4.55
脯氨酸	5.38	4.19	—	—	—	—	4.37	4.80
总量	70.42	70.52	68.35	66.15	66.92	68.38	69.99	70.59
含硫								
胱氨酸	0.58	0.85	1.81	3.02	4.37	—	0.93	0.80
蛋氨酸	0.43	0.35	0.51	0.36	1.17	1.89	0.28	0.45
总量	1.01	1.20	2.32	3.38	5.54	1.89	1.21	1.25

\* 括号内的数字代表土样号。

氨酸含量较高(表 4)。Haider等曾经指出<sup>[14]</sup>, 赖氨酸中除 $\alpha$ -氨基外, 其非 $\alpha$ -氨基酸与酚反应后也能抗解。因此与其它氨基酸相比, 它们与酚类化合物生成N-苯氧基氨基酸的机率较多。比较表 4 中开垦后的土壤与其相应的荒地可见, 前者的碱性氨基酸的相对含量较后者稍低, 而中性氨基酸的相对含量则略高。这似乎表明, N-苯氧基氨基酸的生物学稳定性并不比中性氨基酸所形成的N-苯氧基氨基酸高。表 5 的结果进一步表明, 耕垦不仅降低了N-苯氧基碱性氨基酸的含量, 而且明显地降低了N-苯氧基氨基酸的相对含量。N-苯氧基氨基酸态氮和氨基酸态氮一样, 也较易为微生物所利用。表明非水解性氮的生物学稳定性并不一定比其它形态的氮高, 相反, 其中的一部分具有一定的有效性, 是土壤矿质氮的来源之一。

表 4 土壤残渣氧化酸解液的氨基酸组成 ( $\alpha$ -氨基酸N/总  $\alpha$ -氨基酸 N  $\times 100$ )

氨基酸组成	3% $H_2O_2$ + 6MHCl				氨基酸组成	3% $H_2O_2$ + 6NHCl			
	砖 红 壤		黑 土			砖 红 壤		黑 土	
	荒地 (1)	橡胶园 (3)	荒地 (22)	耕地 (23)		荒地 (1)	橡胶园 (3)	荒地 (22)	耕地 (23)
酸性氨基酸					中性氨基酸				
天冬氨酸	11.10	7.33	11.25	11.26	丙氨酸	5.70	9.02	6.93	7.76
谷氨酸	6.14	3.61	7.08	7.02	缬氨酸	9.68	9.41	9.72	9.64
总量	17.14	10.94	18.83	18.26	亮氨酸	9.77	9.38	9.90	9.03
碱性氨基酸					异亮氨酸	8.56	7.82	9.07	10.08
缬氨酸	13.13	8.67	10.35	8.58	丝氨酸	2.67	4.27	2.29	1.91
组氨酸	0.50	nd	tr	tr	苏氨酸	1.12	nd	1.96	1.78
精氨酸	4.12	2.27	4.01	3.20	脯氨酸	1.11	4.38	3.02	0.11
总量	17.75	10.94	14.36	11.78	总量	58.93	65.85	63.83	67.25
中性氨基酸					含硫氨基酸				
苯丙氨酸	2.97	2.98	4.61	5.00	胱氨酸	3.97	9.95	1.80	1.66
酪氨酸	3.67	6.59	4.22	4.64	蛋氨酸	2.28	7.33	1.15	1.01
甘氨酸	12.68	12.00	12.91	12.97	总量	6.07	12.28	2.97	2.68

注: 1. 表中括号内为土样号; 2. nd 表示未检测出, tr 表示痕量。

表 5 耕垦对非  $\alpha$ -氨基酸 N 和 N-苯氧基氨基酸 N 的影响

土 壤		非 $\alpha$ -氨基酸 N		N-苯氧基氨基酸 N	
		占全 N%	占 *Hum%	占全 N%	占非水解性 N
砖 壤 红 (花岗岩母质)	荒地 (1)**	3.69	20.85	1.17	6.32
	橡胶园 (3)	2.21	10.28	0.46	2.32
砖 红 壤 (玄武岩母质)	荒地 (7)	4.03	59.26	3.77	24.61
	橡胶园 (8)	3.76	51.61	2.61	14.34
砖 红 壤 (砂岩母质)	荒地 (4)	4.16	38.17	1.66	10.44
	橡胶园 (5)	3.62	35.49	0.95	8.96
黑 土 (次生黄土)	荒地 (22)	3.63	17.37	0.53	2.54
	农地 (23)	3.36	17.32	0.32	1.65

\* Hum 为未知态 N; \*\* 括弧内的数字为土样号。

参 考 文 献

[1] Keeney, D.R. and J.M. Bremner, Soil Sci. Soc. Amer. Proc., 28:653-656, 1964.  
 [2] S.U. Khan, Can. J. Soil Sci., 51:431-436, 1971.  
 [3] Rendig, V.V., Soil Sci., 71:253-267, 1951.  
 [4] Stevenson, F. J., Soil Sci. Soc. Amer. Proc., 20:204-208, 1956.  
 [5] Yamashita, T. and Akiya, T., J. Soil Sci. and Manure, Japan, 34:255-258, 1963.  
 [6] Bremner, J.M., The forms of organic nitrogen. In "Method of soil analysis part 2. Chemical and micro-biological properties", 1228-1255, 1965.  
 [7] Silva, J.A. and Bremner, J.M., Soil Sci. Soc. Amer. Proc., 30:587-594, 1966.  
 [8] Sowden, F.J., Soil Sci., 88:138-143, 1959.  
 [9] Portor, L.K. et al., Soil Sci. Soc. Amer. Proc., 28:368-370, 1964.  
 [10] Sowden, F.J., Can. J. Soil Sci., 50:227-232, 1970.  
 [11] Sowden, F. J., Can. J. Soil Sci., 57:445-456, 1977.  
 [12] Khan, S.U. and Sowden, F. J., Can. J. Soil Sci., 51:185-193, 1971.  
 [13] Chen, Y. et al., Agro-Chimica., 21:7-14, 1977.  
 [14] Haider, K. et al., Plant and Soil, 20:49-64, 1965.