

我国几种主要土壤中氮素形态分布 及其氨基酸组成*

周克瑜 施书莲

(中国科学院南京土壤研究所)

摘 要

研究了我国各主要气候带一些自然植被下的土壤中含氮组分的特征。结果表明,各土壤的氮素形态分布和氨基酸组成虽有不小差异,但无规律可循。寒温带土壤中的氮素组分特征与热带土壤无明显差异。

土壤表土层中绝大部分的氮素系以有机态的形式存在,它是植物矿质态氮的主要来源。长期以来,研究者们曾对各种土壤表土层中的氮素形态分布和土壤氨基酸组成进行了大量的工作,但有关这些含氮组分在土壤中的变异特征仍不清楚。Sowden 等的结果表明,与寒温带、温带土壤相比,热带、亚热带地区的土壤中氨基酸态氮的相对含量较高,铵态氮含量较低;同时,热带地区土壤中以酸性氨基酸含量较高,碱性氨基酸含量较低为特征。但另外一些研究者却得到相反的结果。我国幅员辽阔,地跨热带、亚热带、暖温带和寒温带,土壤类型繁多,对开展上述研究具有十分有利的条件。为此,我们采集了我国不同气候带的一些主要土壤,研究了它们的氮素形态分布及其氨基酸组成,目的在于了解气候对氮素组分的影响。

一、样品和方法

(一)样 品 供试土壤样品分别采自内蒙、山东、江苏、云南、海南岛等地,均为自然植被下的土壤表层。各土样的主要理化性质见表1。

表1 土壤采集地点及部分理化性质

土壤名称	采集地点	有机C(g/kg)	N(g/kg)	C/N	pH
棕色针叶林土	内蒙	60.0	2.48	24.2	4.4
暗棕壤	内蒙	32.0	2.78	11.5	6.3
黑钙土	内蒙	14.1	1.60	8.8	6.8
栗钙土	内蒙	54.9	4.61	11.9	5.5
棕壤	山东泰安	18.1	1.53	11.8	6.6
黄棕壤	江苏南京	20.4	1.85	11.0	6.6
红壤	云南昆明	53.7	4.14	13.0	6.4
砖红壤	云南勐海	71.2	3.33	21.4	4.1
红色石灰土	云南勐腊	25.1	2.58	9.7	7.6

*本文得到文启孝研究员的指导、修改,谨致谢意。

(二)分析方法 全氮含量用凯氏半微量法,土壤氮素分布用Bremner法;土壤氨基酸组成用“日立—835”氨基酸自动分析仪测定。

供测定氨基酸组成的样品制备如下:吸取一定量土壤酸解液,用50℃水浴蒸去多余的盐酸,蒸干后的残渣溶于0.02cmol/kgHCl,定容后供测定用。

二、结果和讨论

(一)氮素形态分布 表2列出了我国一些主要土壤的氮素形态分布。由表2可见,各土壤中氨基酸态氮变动在24.4~45.7%之间,铵态氮在12.7~29.6之间,氨基糖氮在4.3~14.6%之间,HUN在4.3~26.2%之间,虽然它们的变异都相当大,但却无任何规律可循。就寒温带的土壤(黑钙土、栗钙土、暗棕壤和棕色森林土)和热带的土壤(砖红壤和红色石灰土)来说,尽管前者氨基酸态氮的平均值明显高于后者,但后者的数值也落在前者的变动范围之内,二者间并无截然差异。如果结合我们以前的材料,将该材料中的寒温带自然植被下的土壤(土号19、22)与热带自然植被下的土壤(土号1、4、7、10、13、16)和表2中的材料一并进行统计,则寒温带土壤中氨基酸态氮、氨基糖氮和铵态氮分别为 $32.6 \pm 7.5\%$ 、 $7.2 \pm 3.9\%$ 和 $22.4 \pm 8.2\%$ ($n=6$),而热带土壤中的相应数值分别为 $31.6 \pm 6.5\%$ 、 $4.8 \pm 3.5\%$ 和 $25.9 \pm 8.6\%$ ($n=8$)。即与热带土壤相比较,寒温带土壤中的氨基酸态氮之间无差异,氨基糖含量略高,铵态氮略低。

供试土壤中非酸解性氮约占全氮的5.2~36.9%,这部分氮在碱解或氧化酸解条件下可以

表2 我国几种土壤中氮素形态分布(占全N%)

土壤名称	酸 解 性 N					非酸解性 N
	NH ₄ -N	氨基糖 N	氨基酸 N	HUN*	总量	
棕色针叶林土	14.3	8.3	26.2	14.3	63.1	36.9
暗棕壤	12.7	5.6	45.7	20.4	84.3	15.7
黑钙土	19.8	4.3	24.4	24.0	72.5	27.5
栗钙土	29.1	14.6	31.5	4.3	79.5	20.5
棕壤	19.0	7.1	38.4	11.3	75.9	24.1
黄棕壤	29.6	5.7	37.5	14.0	86.8	13.4
红壤	22.5	9.3	39.6	23.4	94.8	5.2
砖红壤	14.0	8.1	24.7	26.2	73.0	27.0
红色石灰土	13.0	11.7	25.8	19.8	70.3	29.7

* 未知态氮

表3 酸解残渣土中的氮素形态分布(占全N%)

土壤名称	酸 解 性 N					非酸解性 N
	NH ₄ -N	氨基糖 N	氨基酸 N	HUN	总量	
棕色针叶林土	1.32	痕量	0.25	0.62	2.19	34.7
暗棕壤	2.28	0.16	0.59	1.34	4.37	17.8
黑钙土	2.21	0.26	0.31	0.13	3.91	23.6
栗钙土	1.90	0.06	0.57	-0.12	2.41	18.1
砖红壤	1.97	0.39	0.92	2.18	5.46	29.7
红色石灰土	2.76	0.41	0.84	1.51	5.52	4.2

部分释出。表3列出了6种土壤酸解残渣的氮素形态分布。由表3可见,残渣酸解液中铵态氮和HUN占有相当的比例,分别占酸解性氮的36~60%和23~41%,氨基酸态氮(N—苯氧基氨基酸态氮)则很低,占酸解性氮的8~24%,还不足原土全氮的1%。但不能据此认为N—苯氧基氨基酸态氮只占原土的极小部分,因为氧化酸解并不能把这种形态的氮全部释放出来。

(二)土壤的氨基酸组成 从国内仅有的零星资料来看,热带、寒温带土壤的氨基酸组成并没有任何明显的差异。本工作既包括了寒温带和热带的土壤,也包括了暖温带和亚热带的土壤,其氨基酸组成列于表4。由表4可见,各土壤不仅有相似的氨基酸组成,即均以甘氨酸、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,而且除暗棕壤和红壤外,它们的酸性、碱性和中性氨基酸的百分率分别变动在18~22%、6~9%和70~74%之间,看不出任何有规律的变异。暗棕壤的酸性氨基酸的相对含量略低,不到16%,而中性氨基酸则高达76%。红壤的酸性氨基酸量较暗棕壤更低,仅13%。原因为何,目前还不清楚。可是,和我们以前的工作所获得的结果一样,寒温带土壤中的氨基酸组成与热带土壤并没有明显的不同。这可从我们以前的材料中的寒温带自然植被下土壤(土号22)和热带自然植被下的土壤(土号1、4、7)与表4中有关材料的统计数据中看得更为清楚。统计数据表明,寒温带土壤的酸性氨基酸和碱性氨基酸的相对含量分别为 $20.6 \pm 2.7\%$ 和 $6.3 \pm 0.5\%$ ($n=5$)

表4 我国几种主要土壤及其酸解残渣的氨基酸组成[(各氨基酸/氨基酸总量)×100]

	棕色针叶林土		暗棕壤		黑钙土		栗钙土		棕壤		黄棕壤		红壤		砖红壤		红色石灰土	
	(i)*	(ii)**	(i)	(ii)	(i)	(ii)	(i)	(ii)	(i)	(ii)	(i)	(ii)	(i)	(ii)	(i)	(ii)	(i)	(ii)
天冬氨酸	12.8	12.0	8.0	10.3	12.1	10.8	12.9	10.0	12.3	—	11.5	—	8.0	—	9.5	10.7	11.5	10.4
谷氨酸	9.2	7.2	7.9	7.7	8.6	6.3	8.7	5.3	8.3	—	9.4	—	5.4	—	8.7	8.5	9.5	6.8
酸性氨基酸	22.0	19.2	15.9	18.0	20.7	17.1	21.6	15.3	20.6	—	20.9	—	13.4	—	18.2	19.2	21.0	17.2
赖氨酸	3.6	9.6	3.4	10.0	4.0	11.3	3.6	12.6	3.9	—	3.6	—	3.9	—	3.2	8.1	3.5	14.6
组氨酸	0.8	0.0	1.1	1.0	1.1	0.0	0.8	0.0	1.2	—	0.8	—	1.6	—	1.3	1.1	1.0	0.8
精氨酸	1.6	4.3	2.5	3.9	2.9	4.0	2.1	3.4	3.1	—	3.1	—	3.2	—	2.4	3.4	2.4	3.6
鸟氨酸	—	—	—	—	0.7	—	—	—	0.7	—	0.6	—	0.7	—	—	—	—	—
碱性氨基酸	6.0	13.9	7.0	14.9	8.7	15.3	6.5	16.0	8.9	—	8.1	—	9.4	—	6.9	12.6	6.9	19.3
γ-氨基丁酸	—	—	—	—	0.4	—	—	—	0.3	—	0.3	—	0.3	—	—	—	—	—
苏氨酸	6.2	4.6	6.7	5.1	7.2	4.2	6.4	3.4	7.0	—	6.7	—	7.3	—	6.4	4.5	6.6	3.2
丝氨酸	5.9	2.3	7.2	3.9	6.7	3.2	6.2	3.1	7.0	—	6.8	—	7.2	—	7.4	4.9	6.8	4.2
甘氨酸	13.2	15.6	13.0	10.1	14.0	13.1	13.2	12.4	13.1	—	12.6	—	14.3	—	13.9	11.9	13.5	12.2
丙氨酸	9.4	6.9	10.8	6.7	10.6	6.5	9.6	6.3	10.0	—	8.9	—	11.1	—	10.6	7.4	9.7	4.1
缬氨酸	5.3	10.2	5.8	10.6	6.4	10.8	6.2	11.3	6.4	—	5.7	—	6.8	—	5.6	8.8	6.0	2.8
异亮氨酸	10.1	8.9	9.2	9.4	7.4	9.2	8.1	8.6	8.4	—	6.8	—	10.6	—	7.8	8.8	7.0	8.8
亮氨酸	8.1	8.5	10.2	11.1	7.2	10.6	8.4	11.1	7.9	—	10.9	—	7.9	—	9.1	10.3	8.1	7.7
酪氨酸	4.4	7.2	2.4	1.4	3.6	2.1	3.2	2.5	3.4	—	1.5	—	3.3	—	2.9	2.0	2.8	1.9
苯丙氨酸	4.9	1.0	4.3	2.0	2.3	2.0	4.4	2.9	2.6	—	4.6	—	2.8	—	4.8	2.0	4.9	1.3
脯氨酸	3.5	2.0	6.1	5.5	4.3	2.6	5.1	2.0	4.5	—	4.7	—	5.0	—	5.4	5.0	5.6	6.1
中性氨基酸	70.6	66.1	75.6	65.9	69.3	64.2	70.4	64.5	69.4	—	70.3	—	76.5	—	73.8	65.8	71.2	58.0
胱氨酸	0.5	1.8	0.5	0.8	0.6	2.1	1.0	2.9	0.7	—	0.6	—	0.4	—	0.5	1.8	0.6	3.8
蛋氨酸	0.9	1.0	0.9	0.4	0.7	1.3	0.5	2.3	0.4	—	0.1	—	0.3	—	0.6	0.6	0.3	1.7
含硫氨基酸	1.4	2.8	1.4	1.2	1.3	3.4	1.5	5.2	1.1	—	0.7	—	0.7	—	1.1	2.4	0.9	5.5

* i——土壤酸解液, ** ii——土壤酸解残渣氧化酸解液。

热带土壤的相应数值分别为 $20.8 \pm 1.5\%$ 和 $6.5 \pm 0.8\%$ ($n = 5$)。总之,我国土壤中碱性氨基酸的含量大大低于Sowden等报道的结果,而中性氨基酸则比他们的高。鉴于本工作中同样也采用不脱盐步骤,上述差异似乎很难认为是由于样品制备过程中不同氨基酸的损失所引起的,而从涉及的土壤类型来看,也很难用供试的土壤样品不同来解释,其原因有待进一步研究。

表4中同时还列出了酸解残渣氧化酸解液的氨基酸组成。和原土酸解液相比较,二者有明显的不同,前者酸性和中性氨基酸均有不同的降低,而碱性氨基酸则明显增多,含硫氨基酸大多也明显增多。就个别氨基酸而言,碱性氨基酸中赖氨酸和精氨酸的相对含量分别由原土的 $3.5 \pm 0.3\%$ 和 $2.5 \pm 0.6\%$ 增至残渣中的 $11.2 \pm 2.1\%$ 和 $3.9 \pm 0.3\%$,组氨酸则不然,由原土的 $1.0 \pm 0.4\%$ 下降到残渣的 $0.46 \pm 0.55\%$ 。中性氨基酸中的丙氨酸、苏氨酸、丝氨酸、酪氨酸和苯丙氨酸的相对含量变化较大,分别由原土的 $10.3 \pm 1.7\% \sim 3.5 \pm 1.5\%$ 降低至残渣土的 $6.3 \pm 1.0\% \sim 2.4 \pm 1.1\%$,脯氨酸大多也降低,由原土的 $4.1 \pm 2.0\%$ 降至残渣的 $3.9 \pm 1.6\%$ 。反之,残渣中缬氨酸的相对含量较原土的 $5.9 \pm 0.6\%$ 几乎高了1倍。亮氨酸和异亮氨酸也略高些,分别比原土增高了约1.5%。含硫氨基酸相对含量增高明显,由原土的 $1.6 \pm 1.3\%$ 增至残渣的 $3.6 \pm 1.7\%$ 。

酸解残渣中氨基酸组成与原土不同是不难理解的。因为影响二者的因素各不相同。除了影响原土中氨基酸组成的那些因素外,多肽中末端氨基酸的种类、各种氨基酸与酚类化合物反应的机率以及各种氨基酸的抗氧化稳定性等因素都将影响酸解残渣中的氨基酸组成。表4中酸解残渣的氧化酸解液中赖氨酸和精氨酸的相对含量较原土酸解液显著增多,即可能是由于它们除了 α -氨基外,尚有另外的氨基,因而与酚类化合物反应的机会较多之故;胱氨酸的相对含量增多则可能是由于在氧化条件下半胱氨酸转变为胱氨酸所致。

碱性氨基酸中除了 α -氨基氮外还有非 α -氨基氮。Goh 等对新西兰6种土壤测得的非 α -氨基氮结果表明,酸解性未知态氮中约有25~50%的氮以非 α -氨基态氮存在。我国几种土壤中非 α -氨基态氮的相对含量在10~42%之间,平均为 $20.8 \pm 10.9\%$,结果列于表5。从表5的结果可以看出,N-苯氧基氨基酸氮占非水解性氮的比率也不高,仅在1.1~3.4之间,土壤中非酸解性氮究竟以何种形态存在,仍有进一步研究的必要。

表5 土壤中非 α -氨基态氮和N-苯氧基氨基酸氮的含量

土壤名称	非 α -氨基态N		N-苯氧基氨基酸N	
	占全N%	占HUN%	占全N%	占非酸解性N
棕色针叶林土	2.7	18.6	痕量	—
暗棕壤	4.3	26.0	0.6	2.7
黑钙土	2.8	11.8	0.3	1.1
栗钙土	3.6	42.2	0.6	2.8
砖红壤	2.5	9.6	0.9	3.4
红色石灰土	3.3	16.6	0.8	2.8

(参考文献略)