

内蒙古自治区土壤中有机碳、全氮 和固定态铵的贮量*

程勋勋 文启学 林心雄

(中国科学院南京土壤研究所)

摘要

本文研究了内蒙古自治区土壤中有机碳、全氮和固定态铵的储量。报道了各主要土壤表土中有机氮的形态分布。

土壤是地图、气圈、生物圈及水圈物质和能量交换最频繁的场所，是人类赖以生存的最主要资源和环境。土壤圈的碳、氮循环是全球碳、氮循环的重要组成部分。土壤中的有机碳、全氮储量是土壤中碳、氮循环状况的反映，也是土壤资源评价的一项重要指标。

内蒙古自治区幅员辽阔，面积约110多万平方公里，东北至西南纵横2000多公里。自然条件多样，全境既有包括湿草原和荒漠草原在内的各种草原植被，又有温带落叶针叶、阔叶林和寒温带落叶针叶林。与之相应的是各种各样类型的土壤。上述植被大多很久以来未受到破坏和扰动，因而可以认为这些系统已达到稳定态，这为研究这些系统中碳、氮循环提供了有利条件。本工作的目的在于研究我国温带地区不同植被下土壤中碳、氮循环的特点，并为合理利用这些土壤提供理论根据。作为第一步，本文研究了内蒙古自治区土壤中有机碳和全氮的储量，鉴于绝大部分固定态铵并不参与生物循环，本文还研究了这些土壤中固定态铵的储量。此外还介绍了各主要土壤表土中有机氮的形态分布。

一、样品和方法

供试土样采自内蒙古自治区各地，共32个土壤剖面，147个土样。土壤类型共11个，包括灰色森林土、黑土、黑钙土、暗棕钙土、栗钙土、淡钙土、灰钙土、漠钙土、草甸土、盐土、沼泽土等**。

有机碳用丘林法，全氮用凯氏半微量法，固定态铵用 Silva 和 Bremner 法^[1]测定。氮素形态分布按 Bremner^[2]建议的方法，但分别测定了土壤酸解前后的固定态铵含量，结果以占有机氮的%表示。

二、结果和讨论

(一) 有机碳、全氮含量及储量

*国家自然科学基金资助项目。

** 大部分土壤样品和各类土壤的面积等资料由蔡麟祺同志提供。

土壤	剖面深度 (cm)	C (g/kg)	N (mg/kg)	固定态铵		C/N	C/有机N
				N(mg/kg)	占全N(%)		
土色森林土	0—5	363	20.9	84	0.4	17.6	17.7
	5—11	108	8.22	281	3.4	13.1	13.6
	11—42	49.6	4.01	175	4.4	12.4	13.0
	42—64	15.1	1.21	135	11.1	12.5	14.0
	64—86	2.82	0.272	65	24.0	10.4	13.6
	86—110	2.16	0.253	80	31.6	8.5	12.5
黑土	0—12	61.4	4.70	221	4.7	13.1	13.7
	12—25	32.2	2.89	198	6.8	11.1	12.0
	25—52	11.3	1.08	169	15.6	10.5	12.4
	52—75	7.98	0.815	169	20.7	9.7	12.2
	75—99	6.74	0.734	169	23.2	9.2	11.9
黑钙土	0—12	38.1	3.28	143	4.4	11.6	12.1
	12—44	17.1	1.61	112	6.9	10.6	11.4
	44—67	6.96	0.785	126	16.1	8.9	10.6
	67—82	3.99	0.548	141	25.7	7.3	9.8
	82—100	3.72	0.378	118	31.1	7.2	10.5
暗栗钙土	0—12	24.8	2.31	117	5.1	10.7	11.3
	12—31	13.7	1.28	101	7.8	10.7	11.6
	31—48	2.35	0.271	45	16.8	8.7	10.4
	48—70	1.44	0.125	36	28.4	11.5	16.2
	70以下	0.693	0.067	33	48.5	10.3	19.3
栗钙土	0—17	13.2	1.38	80	5.8	9.6	10.2
	17—35	9.59	1.09	68	6.2	8.8	9.4
	35—59	3.91	0.398	47	11.7	9.8	11.1
	59—75	1.50	0.161	45	27.9	9.3	12.9
	75—99	0.598	0.086	46	53.3	7.0	15.0
淡栗钙土	0—20	6.96	0.756	92	12.1	9.2	10.5
	20—43	5.56	0.633	48	7.6	8.8	9.5
	43—76	1.46	0.176	16	9.2	8.3	9.1
	76—112	0.64	0.076	14	18.0	8.4	10.3
灰钙土	0—4	9.7	1.16	142	12.2	8.4	9.5
	4—10	5.5	1.09	148	13.6	5.5(?)	5.8(?)
	10—25	4.2	0.70	149	21.3	6.0	7.6
	25—50	3.4	0.54	140	25.9	6.3	8.5
	50—75	2.1	0.35	135	38.6	6.0	9.5
	75—100	1.7	0.23	119	51.7	7.4	15.3
漠钙土	0—5	2.1	0.25	102	40.8	8.4	14.2
	5—10	1.9	0.29	123	42.4	6.6	11.4
	10—20	1.5	0.17	93	54.7	8.8	19.5
	20—37	1.6	0.14	63	45.0	11.4	20.8
草甸土	0—18	20.5	1.89	149	7.9	10.6	11.8
	18—35	14.8	1.40	111	7.8	10.6	11.5
	35—54	11.2	1.00	103	10.3	11.2	12.5
	54—74	9.4	0.88	99	11.2	10.7	12.1
	74—103	5.9	0.57	130	22.9	10.5	13.6
盐土	0—17	13.0	1.36	143	10.5	9.6	10.7
	17—27	7.6	0.76	113	14.9	10.0	11.7
	27—49	2.5	0.26	62	24.2	9.9	13.0
	49—69	0.47	0.056	13	22.5	8.3	10.7
	69—104	0.50	0.052	95	18.4	9.6	11.8
沼泽土	0—18	56.9	5.29	173	3.3	10.8	11.1
	18—46	15.5	1.36	150	11.0	11.4	12.8
	46—78	7.87	0.64	143	22.3	12.3	15.7

研究区域内的土壤按其发生类型大体上可分为自成土(主要有灰色森林土、黑土、黑钙土、栗钙土、灰钙土、漠钙土等)和水成土(主要有草甸土、盐碱土、沼泽土等)两大系列。由表1可见,本区自成土系列0—20厘米土层中的有机碳和全氮含量依下列次序而降低:灰色森林土>黑土>黑钙土>暗栗钙土>栗钙土>淡栗钙土>灰钙土>漠钙土。这显然是由于不同植被下年进入土壤的有机物质量各异所致。水成土系列的沼泽土常年水分过剩,有机物质分解较慢,有明显的潜育层和泥炭层,虽其有机物质年进入量并不很高,但其0—20厘米的有机碳和全氮含量仅次于灰色森林土和黑土,而为其余各土之冠。

植被不同,有机物质进入土壤的量既不同,进入的方式也各异,从而有机碳和全氮含量的剖面分布状况也有很大差异。森林植被下,进入土壤的有机物质主要为地表的凋落物,因此其表土层的有机碳和全氮含量很高,但常随剖面深度而急剧降低。灰色森林土腐熟的凋落物层很薄,一般仅2—7厘米,此层中有机碳和全氮含量可分别达 368mgkg^{-1} 和 20.9mgkg^{-1} 。其下虽有一深厚的腐殖质层(约40—70厘米)但其含量已较上层急剧减少,此层以下,有机碳和全氮含量更急剧降低。草本植被下,除由土表进入土壤的植物残体外,发达的根系也是土壤有机物质的主要来源,因此有机碳和全氮含量的剖面变化较平缓。其中,黑土和黑钙土的腐殖质层最为深厚,可达40—100厘米。栗钙土的腐殖质层一般在25—55厘米间,其中暗栗钙土常较栗钙土和淡栗钙土的腐殖质层深厚。灰钙土、漠钙土因植物生物量很少,分解又很强烈,因而全剖面各土层的碳、氮含量均极低。

表2 土壤的有机碳和全氮储量(吨/公顷)

土壤	0—20厘米		0—100厘米	
	C	N	C	N
灰色森林土	188.4	12.82	377.83	25.86
黑土	78.03	6.83	169.96	16.48
黑钙土	55.96	5.70	162.72	16.62
暗栗钙土	60.52	6.07	149.10	15.06
栗钙土	34.52	3.76	81.10	9.08
淡栗钙土	20.68	2.24	57.09	5.80
漠钙土	14.31	2.29	42.24	6.66
	4.67	0.51	17.92	1.76
草甸土	61.84	5.60	129.32	12.76
盐土	24.99	2.61	62.44	6.48
沼泽土	114.89	10.66	208.21	18.52
按全区面积平均	33.70	3.36	85.79	8.62

各土壤的有机碳和全氮储量与上述有机碳、全氮含量的剖面分布结果基本一致(表2)。表中各土类的数据大多为两个或两个以上剖面的平均值。由表2可见,自成土系列中,灰色森林土表土和其下土层中的有机碳和全氮含量很高,虽其腐殖质层厚度小于黑土,但其1米土体中的有机碳和全氮储量仍为最高。依次为黑土、黑钙土、暗栗钙土、栗钙土、淡栗钙土、灰钙土等,而以漠钙土的碳、氮储量为最低。水成土系列中的有机碳和全氮储量以沼泽土最高,次为草甸土,再次为盐土。按全区各类土壤所占据的面积粗略估计,本区土壤中0—20厘米土层内有机碳和全氮储量分别为33.70吨/公顷和3.36吨/公顷;0—100厘米土体内的相应数值分别为85.79吨/公顷和8.62吨/公顷。与一些农地土壤相比,本区土壤的有机碳和全氮储量与太湖地区接近,高于黄淮海平原和黄土高原^[3]。

(二)固定态铵的含量和储量

固定态铵的含量主要决定于土壤母质的类型及其风化程度。本区土壤的成土母质主要为第四纪沉积物。根据其成因主要有1)残积物及残积—坡积物;2)风积物;3)洪积物、冲积物及湖积物;4)黄土状沉积物等。残积物的基岩有花岗岩、片麻岩、玄武岩、砂岩、砂砾岩和泥岩等。除来源于泥岩和东部黄土状母质的外,这些母质上发育的土壤中的粘土矿物多以水云母或水云母、蒙脱为主,这些水云母脱钾程度较低,因此其固定态铵含量较低,其中风积物和除泥岩外的残积物以及大部分洪积物上发育的土壤的固定态铵含量最低,大都在150

$\text{mg kg}^{-1}\text{N}$ 以下, 沉积物、湖积物和部分洪积物上发育的土壤的固定态铵含量居中; 东部黄土状母质上发育的黑钙土, 风化程度较高, 粘土矿物中以蒙脱为主, 有蛭石、伊利等, 其固定态铵含量最高, 可高达 400mg kg^{-1} 以上。各供试表土中固定态铵含量最高值为 $437\text{mg kg}^{-1}\text{N}$, 最低值为 $66\text{mg kg}^{-1}\text{N}$, 平均为 $131 \pm 46\text{mg kg}^{-1}\text{N}$ 。其中 $<100\text{mg kg}^{-1}\text{N}$ 和 $100-150\text{mg kg}^{-1}\text{N}$ 的各占 34.6%, $150-200\text{mg kg}^{-1}\text{N}$ 和 $200-250\text{mg kg}^{-1}\text{N}$ 的各占 11.5%, $>250\text{mg kg}^{-1}\text{N}$ 的仅占 7.8%。除漠钙土外, 它仅占表土中全氮量的 2.2—13.7%, 平均为 $6.1 \pm 2.8\%$ 。在漠钙土的表土中, 由于全氮含量极低, 它的相对含量可高达 10% 以上。

表3 土壤中固定态铵的储量

土壤	0—20厘米		0—100厘米	
	N(kg/ha)	占全N%	N(kg/ha)	占全N%
灰色森林土	417	3.2	1743	4.8
黑土	379	5.5	1720	10.4
黑钙土	558	9.8	2440	14.4
暗栗钙土	349	5.7	1476	9.8
栗钙土	223	5.9	1023	11.3
淡栗钙土	186	8.3	547	9.4
灰钙土	261	11.4	1860	27.9
漠钙土	274	54.2	1003	57.1
草甸土	409	7.3	1835	14.4
盐土	285	10.9	1031	15.9
沼泽土	371	3.5	1706	9.2
按全区面积平均	279	8.2	1286	14.9

在绝大多数土壤中固定态铵含量虽随剖面深度而减少, 但其减少幅度较全氮的减少幅度小得多, 因而它的相对含量随剖面深度而明显增高(表1)。底土中其相对含量变异在 12.3—68.4% 之间, 平均为 $29.2 \pm 11.2\%$ 。表3 中列入了各类土壤中固定态铵的储量及其在氮素总储量中所占的比重的统计资料。由表可见, 各土类 0—20 厘米土层和 0—100 厘米土体中它的储量变异较小, 分别在 $220-560\text{kg ha}^{-1}\text{N}$ 和 $1000-2110\text{kg ha}^{-1}\text{N}$ 间; 除灰钙土和漠钙土外, 它在全氮总储量中所占的份额均分别在 10% 和 16% 以下。按本区各主要土类面积统计, 全区土壤 0—20 厘米土层中, 它的储量平均为 $279\text{kg ha}^{-1}\text{N}$, 占全氮储量的 8.2%; 0—100 厘米土体中的相应数值为 $1286\text{kg ha}^{-1}\text{N}$ 和 14.9%。可见, 本区 0—20 厘米土层和 0—100 厘米土体中, 至少约 92% 和 86% 的氮素都能参与生物循环。这和我国几个主要农业区的耕地土壤相比较有明显的不同^[4], 在这些农业区的耕地土壤中, 固定态铵储量明显较高, 0—20 厘米土层和 0—100 厘米土体中分别大约只有 81—71% 和 67—54% 的氮能够参与生物循环。

(三) 氮素形态分布

表4 列出了本区一些主要土壤表土中的氮素形态分布。本区各土壤的氮素形态分布虽和各土壤的植被、成土母质、水分条件、pH 以及有机氮含量等一样, 变异很大, 氨基糖氮变动在 5.1—10.7% 间, α -氨基氮在 25.5—45.1% 间, 非酸解性氮在 5.0—27.2% 间。但它与各成土条件及土壤性质之间看不出任何关系。一般认为, 各种形态的有机氮虽均可分解, 但在程

表4 一些主要土壤表土的氮素形态

土壤	深度 (厘米)	有机N ($\text{mg}/100\text{g土}$)	酸解性氮(占有机N%)				非酸解N (占有机N%)
			总量	$\text{NH}_4^+ - \text{N}$	氨基糖N	α -氨基N	
灰色森林土	5—11	793.9	75.2	16.6	7.9	25.5	24.4
黑土	0—12	447.9	95.0	20.4	8.9	45.1	20.6
黑钙土	0—17	275.3	72.8	12.4	8.4	33.3	18.2
栗钙土	0—20	211.0	83.8	10.9	10.7	44.5	17.7
栗淡钙土	0—20	66.4	77.3	17.2	5.1	41.1	14.0
草甸土	0—10	459.2	77.9	14.6	8.7	27.5	27.1
盐土	0—17	121.7	78.3	15.4	8.0	32.4	22.5
沼泽土	0—18	511.7	79.5	18.0	7.1	35.7	18.7

度上有所差别。 α -氨基氮较易分解，非酸解性氮则较难。据此，黑土表土的 α -氨基氮的相对含量最高，非酸解性氮最低，灰色森林土的 α -氨基氮的相对含量最低，非酸解性氮仅次于黑钙土而为其余各土壤之冠，这似乎表明，在可比条件下，黑土表土中有机氮较易分解，灰色森林土表土中的则相对较难。

参 考 文 献

- [1] Silva, J. A. and J. M. Bremner, Soil Sci. Soc. Am. Proc. 30: 587—594, 1966.
- [2] Bremner, J. M. et al., (曹亚澄译), 土壤氮素分析法, 104—126页。农业出版社。1966.
- [3] 文启孝, 土壤氮素含量和形态, 中国土壤氮素, 朱兆良、文启孝主编, 7页, 江苏科技出版社。1992。
- [4] 文启孝、程勋勋, 镁的固定和释放, 中国土壤氮素, 朱兆良、文启孝主编, 66页, 江苏科技出版社。1992。
- [5] Keeney, D. R. and J. M. Bremner, Soil Sci. Soc. Am. Proc. 28: 653—656, 1964.

学术活动

“第二届国际红色地中海土会议”简介

第二届国际红色地中海土会议于1993年上半年于土耳其南部城市Adana举行。笔者作为中国的唯一代表出席了会议。

会议的主题是讨论地中海区域红色石灰土的发生分类、性质、肥力以及土地利用。大会收到100多篇论文，分5个专题组进行了交流，这5个专题组是：1. 红色石灰土的分布、发生、分类及测年；2. 化学、矿物学及物理学性质；3. 土地利用与管理；4. 土壤肥力以及5. 碳酸盐及钙质结核。

笔者应邀在大会上作了“中国西南岩溶地区红色石灰土”的报告，介绍了西南地区岩溶景观，红色土分布与岩溶发育的关系，红色石灰土的化学、矿物学性质和分类及国际对比上的问题。

人们普遍认为，红色地中海土是集气候、地区、土壤形态三位一体的统称。因此，红色地中海土是一种很好的环境变化指示物，其B层在第四纪中是动态的，研究它将能够提供许多环境变化的信息。

红色地中海土的农业障碍主要是缺乏植物能利用的有效水及有效态P、Zn和Mo等。以土耳其南部为例，只要土壤有适量的水分，红色地中海则宜于种植柠檬、柑桔、梨、大豆、麦及蔬菜。若能进行灌溉及施用磷肥，还可显著增产。总之，只要重视投入，红色地中海土仍可望成为肥沃的土壤。

与会代表同意每4年召开一次红色地中海土国际研讨会，并组成了以加拿大 Saskatchewan大学土壤系Mermet教授为首的学术委员会。本次会议的论文集将在该委员会主持下在Catena以专辑出版。（潘根兴）