

94,14(3)
225-234

12019(1)

第14卷 第3期
1994年9月生态学报
ACTA ECOLOGICA SINICAVol. 14, No. 3
Sep., 1994

海河流域植物土壤中氮碳的含量特征

黄银晓 林舜华 蒋高明 韩荣庄 高雷明

(中国科学院植物研究所, 北京, 100044)

S154.4

A

摘要 本文研究了海河流域主要植物(包括栽培和野生植物)及土壤中氮、碳的含量特征,结果表明:本区植物氮含量平均约2%,最高约6%,少数植物约3%—4%;不同植物类型氮含量以蔬菜植物最高,苔藓、蕨类植物最低。大多数植物碳含量平均在40%—45%左右,属正常水平,不同类型植物碳含量以常绿针叶乔木最高,蔬菜作物最低。作物不同部位氮、碳含量都有一定差异,作物含氮量一般为根低于茎、叶和果。作物碳含量一般以果实含量较高,其次为茎和叶。不同土壤类型含氮量以亚高山草甸土最高,盐碱土最低,0—10cm土层含氮量明显高于10—20cm土层。不同土壤碳含量以棕壤土最高,草甸褐土、潮土最低,土壤含碳量明显低于植物含碳量。大多数土壤有机质含量与氮、碳含量呈显著相关。利用程度越高,有机质含量越低。海河6个子流域中土壤氮、碳含量的水平分布特征,都以滦河流域的氮和碳含量最高,永定河流域含氮量最低,大清河流域土壤的含碳量最低,滦河流域的氮、碳含量地域分异较明显,其余各子流域的氮、碳含量差异都不显著。

关键词: 海河流域, 氮, 碳, 含量特征。

植物;土壤;含量

海河流域是华北平原人口集中,人类活动频繁的集约农业地区,农业面积60%左右,天然植被不到10%,是我国农业发展的重要基地之一。而氮和碳是自然界分布较广的元素,它们在生物地球化学循环和植物-土壤系统养分循环中起着重要作用^[1-3]。国内外对农业土壤-植物系统中氮、碳平衡研究得较多^[4,5],但对一个流域植物、土壤中氮、碳的含量特征,分布规律研究较少。本文对海河流域主要植物、土壤氮、碳的含量特征做了重点研究,企图揭示该流域土地资源利用现状和元素含量规律,为该区生物地球化学和大农业的合理利用提供科学依据。

1989—1990年对海河流域不同植被类型进行了地植物学调查,根据不同植被、土壤类型,结合流域不同水系进行调查、选点采样。在不同季节共调查采样3次,采集植物61种,按植物的不同部位(根、茎、叶、果)分析,样品共424个,土壤剖面80个,样品共151个。用重铬酸钾容量法——外加热法测定植物碳和土壤有机碳的含量;用靛酚兰比色法测定植物全氮量。

1 本区自然条件

海河流域位于东经112°00′—118°30′,北纬36°00′—41°30′。地貌上从东到西有第四纪形成的海河堆积平原,太行山脉、燕山山脉及西部山地地堑中的忻县盆地、大同盆地、阳原-蔚县3大盆地。地貌类型复杂,特点明显。汇集成蓟运河、潮白河、永定河、大清河、滦河、漳卫河6大水系。跨越了河北、河南、山东、山西、内蒙古、北京、天津7大省市,全区达26×10⁵km²,农业面积占60%左右,森林约占5%,荒地占2.4%。

气候属温带大陆性季风型,平均气温0—14℃,最冷月(1月)平均温度-16℃,最热月(7月)平均温度23.5℃,≥10℃积温1622—4600℃,年雨量300—950mm(平原地区500—700mm),其中80%集中在7—8月,无霜期70—220d。

中国科学院“七·五”重大基金资助项目“海河流域碳、氮、硫、磷生物地球化学循环”研究课题的一部分。

收稿日期:1993 03 25,修改稿收到日期:1993 08 12。

土壤类型较复杂,西部山区主要有棕壤、淋溶褐土、山顶有草甸土,低山和山前平原以褐土为主,冲积平原以潮土为主,海滨平原多为盐土,河流两岸以盐化草甸土为主,低洼地发育着沼泽土和水稻土。

植被属暖温带落叶阔叶林区,由于人为破坏森林植被所剩无几。调查区包括 10 个植被类型。山区(中低山)分布着较大面积以栎类为主的暖温带落叶阔叶林和以油松为主的针叶林,低山丘陵地带分布着大面积灌丛、草丛;山顶部分保留一定面积的亚高山草甸;平原地区已大部开垦为农田,局部低洼地和河流、沿海低地分布着盐生草甸和盐生植被。积水的坑塘、水库分布着沼泽和水生植被。农业植被为 1 年 2 熟或 2 年 3 熟制,主要农作物种植玉米、小麦、高粱、大豆、谷子、棉花、花生等,村庄附近和部分丘陵地区种植枣、杏、梨、核桃、苹果等果树和人工林。

2 结果与讨论

2.1 海河流域主要植物中氮、碳的含量特征

2.1.1 不同植物种和不同类型植物的氮、碳含量 表 1 统计的 25 种植物中平均全氮的含量范围 1.13%—3.98%,其中 72%的植物平均含氮量为 1.5%—2%,20%平均含氮量为 2%—3%,可见大多数植物含氮量在 2%左右,以油菜平均含量最高,卷柏属植物的平均含氮量最低。含氮量较高的植物有马铃薯、大豆、加拿大杨、向日葵、玉米、油菜,它们的含氮量最高值分别为 6.28%、5.26%、4.67%、4.47%、4.38%、4.08%(见表 1)。统计的 25 种植物平均碳含量范围 26.3%—50.38%,其中 48%植物平均含碳量为 40—45%,28%的植物平均含碳量为 45%—50%,只有 24%的植物平均含碳量为 26%—38%,可见大多数植物含碳量在 40%—45%左右。含碳量较高的植物有油松、花生、杏叶、高粱、小叶杨、大豆、玉米,它们的最高含碳量分别为 57.1%、56.2%、55.4%、52.9%、49.5%、49.3%、49.1%(见表 1)。

一般氮在植物干物质中约占 2%—4%^[6]。富集氮的植物主要在温带的草原区、落叶阔叶林区的黄土母质的钙质壤土及某些栽培植物^[6]。富集植物含氮量可达 4%以上^[6]。本区处于温带落叶阔叶林区,大多数植物含氮量在 2%左右,最高的可达 4%以上,这与前人的研究结果是一致的。一般植物在干物质中碳含量约占 40%^[7]。本区大多数植物含碳量在 40%—45%左右,含量范围差异不大,植物含碳量属正常水平。

将采集的 60 种植物分为 10 种类型,从不同植物类型的氮、碳平均含量看出,氮含量以蔬菜作物最高,达 3.14%,蕨类、苔藓植物最低,只 1.44%;其次顺序为蔬菜作物>经济作物>阔叶乔木>水生植物>灌木、半灌木>针叶乔木>粮食作物>草本植物>水果类>蕨类、苔藓植物(表 2)。各类型植物碳含量以常绿针叶乔木>阔叶乔木>水果类>灌木、半灌木>粮食作物>草本植物>经济作物>蕨类、苔藓植物>水生植物>蔬菜作物(表 2)。

2.1.2 各种作物不同部位的氮、碳含量 从表 3 看出,海河流域 12 种作物根、茎、叶、果等部位的含氮量都有一定差异,根的含氮量明显的低于茎、叶和果。各种作物根平均氮的含量范围为 0.85%—2%,棉花根的氮含量最低。大多数作物都以茎或叶的平均含氮量最高,如向日葵茎的最高含氮量达 4.4%,平均含氮量达 3.1%,为根部平均含氮量的 3.4 倍,为叶含氮量的 2 倍;马铃薯茎最高含氮量达 6.3%,平均含氮量达 4.1%,为根含氮量的 2 倍,为叶含氮量的 1.6 倍;棉花叶含氮量最高达 3.29%,平均含氮量达 2.31%,为根含氮量的 2.7 倍,为茎含氮量的 2 倍,为果含氮量的 1 倍;谷子、大麦、大豆不同部位含氮量以果实最高,如大豆果的含氮量最高达 4.74%,平均达 3.38%,为叶含氮量的 1.2 倍,为茎含氮量的 1.8 倍,为根的 1.8 倍。

表 1 海河流域不同植物种碳、氮含量(以干重计算)
Table 1 The carbon and nitrogen content of different plants in Haihe river basin (Calculated by dry matter)

植物种 Species	样品数 Amount of sample	氮含量 N content				碳含量 C content			
		含量范围 Range	平均值 Mean	变异系数 C. V.	标准差 S. D	含量范围 Range	平均值 Mean	变异系数 C. V.	标准差 S. D
玉米 <i>Zea mays</i> L.	84	0.31%—4.38%	1.57	51.43%	0.808	32.1%—49.1%	39.17%	7.74%	3.033
高粱 <i>Sorghum vulgare</i> pers.	26	0.02%—3.66%	1.72	50.12%	0.862	35.6%—52.9%	41.29%	7.46%	3.082
谷子 <i>Panicum miliaceum</i> L.	15	0.34%—2.65%	1.78	37.98%	0.676	31.63%—45.3%	28.23%	9.97%	3.81
小麦 <i>Triticum aestivum</i> L.	4	0.970%—3.06%	1.87	18.72%	0.35	21.5%—36.3%	43.0%	9.21%	3.96
白薯 <i>Ipomoea batatas</i> (L.) Lam.	3	1.81%—3.00%	2.45	24.5%	0.600	36.5%—42.4%	38.8%	8.1%	3.16
大豆 <i>Glycine max</i> (L.) Merr.	37	0.604%—5.26%	2.663	38.9%	1.036	20.6%—49.5%	40.48%	11.03%	4.465
向日葵 <i>Helianthus annus</i> L.	5	1.31%—4.47%	2.44	50.45%	1.231	26.1%—39.5%	33.26%	13.51%	4.494
棉花 <i>Gossypium hirsutum</i> L.	32	0.488%—3.29%	1.9	26.84%	0.510	27.1%—44.2%	37.89%	7.77%	2.95
油菜 <i>Brassica juncea</i> (L.)	2	3.88%—4.08%	3.980	3.54%	0.141	41.0%—42.7%	41.85%	2.9%	1.20
花生 <i>Arachis hypogaea</i> L.	5	0.775%—2.96%	1.78	42.92%	0.764	33.0%—57.1%	42.2%	13.37%	5.64
芝麻 <i>Sesamum indicum</i> L.	3	1.17%—2.34%	1.91	27.64%	0.528	34.9%—42.3%	39.3%	8.13%	3.19
马铃薯 <i>Solanum tuberosum</i> L.	5	1.62%—6.28%	3.33	54.5%	1.968	16.5%—28.9%	26.3%	23.13%	6.08
水稻 <i>Oryza sativa</i> L.	4	0.82%—2.84%	1.49	68.12%	1.015	38.4%—44.4%	42.13%	7.7%	3.26
杏 <i>Prunus armeniaca</i> L.	2	1.41%—1.49%	1.450	3.9%	0.057	43.6%—55.4%	49.5%	17.04%	8.43
小叶杨 <i>Populus simni</i> Carr.	2	1.53%—2.03%	1.78	19.9%	0.354	47.9%—49.3%	48.6%	2.04%	0.99
加拿大杨 <i>P. canadensis</i> Moench.	6	1.16%—4.67%	2.135	56.8%	1.316	42.2%—47.5%	45.32%	4.55%	2.06
旱柳 <i>Salix matsudana</i> Koidz.	5	1.52%—2.25%	1.956	17.2%	0.337	39.5%—50.3%	45.6%	9.22%	4.204
臭椿 <i>Ailanthus altissima</i> (Mill) Swingle	2	1.32%—3.29%	2.305	60.4%	1.393	43.6%—47.4%	45.5%	5.91%	2.69
刺槐 <i>Robinia pseudoacacia</i> L.	2	2.56%—3.33%	2.945	18.5%	0.544	39.6%—43.7%	41.75%	6.61%	2.76
油松 <i>Pinus tabulaeformis</i> Carr.	4	1.38%—1.85%	1.658	13.1%	0.217	47.1%—56.2%	50.38%	8.45%	4.26
桤柳 <i>Tamarix chinensis</i> Lour.	2	2.17%—2.28%	2.225	3.5%	0.078	39.9%—43.0%	41.45%	5.29%	2.19
芦苇 <i>Phragmites communis</i> Trin.	5	1.20%—2.24%	1.590	25.2%	0.401	38.0%—45.4%	41.94%	7.05%	2.96
苔草 <i>Carex</i> sp.	3	1.40%—1.78%	1.636	12.6%	0.206	36.8%—42.3%	39.4%	7.01%	2.76
碱蓬 <i>Suaeda heterophylla</i> Kitag	3	1.51%—3.01%	1.923	22.4%	0.430	24.4%—39.2%	32.1%	23.11%	7.42
卷柏属 <i>Selaginella</i> spp.	3	0.912%—1.32%	1.132	17.5%	0.198	23.5%—30.9%	28.33%	14.56%	4.11

海河流域 12 种作物不同部位平均碳含量有一定差异,但不显著,12 种作物中,除向日葵和马铃薯根的碳含量高于茎叶外,其余 10 种作物根的碳含量都小于茎、叶和果,一般以果实的含碳量最高,其次为茎和叶,如玉米果实平均碳含量为茎的 1 倍,为叶的 1 倍,为根的 1.4 倍;小麦果实平均含碳量为茎叶的 1 倍,为根的 1.5 倍;作物根、茎、叶、果的比值一般为 1 : 1.5 : 1.7 : 1.5。

表 2 海河流域不同植物类型氮碳含量
(以干重计算)

Table 2 The nitrogen and carbon of different types of plant in Haihe river basin (Calculated by dry matter)

植物类别 Types of plant	植物种数 Amount of plant	氮含量 N content	碳含量 C content
粮食作物 Grain crop	7	1.77%	40.46%
经济作物 Economic crops	7	2.38%	38.93%
蔬菜作物 Crop Vegetable	2	3.14%	26.0%
水果类 Fruit trees	4	1.55%	43.86%
落叶阔叶乔木 Deciduous tree	14	2.26%	44.33%
常绿针叶乔木 Evergreen trees	2	1.74%	45.47%
灌木、半灌木 Shrubs and semi-shrubs	3	1.86%	42.76%
草本植物 Herbs	15	1.61%	39.02%
水生植物 Hydrophytes	2	1.94%	33.55%
蕨类、苔藓植物 Ferns and mosses	4	1.44%	34.57%

2.2 土壤中氮、碳的含量特征

2.2.1 不同土壤类型氮、碳的含量特征 海河流域不同土壤类型 0—10cm 氮含量以亚高山草甸土最高,平均达 0.34%,最高含量达 0.46%,其次为棕壤土,平均含量达 0.3%,最高达 0.496%,各类土壤含氮量顺序为亚高山草甸土>棕壤>淋溶褐土>新积土>褐土性果园土>褐土>草甸褐土、潮土>盐碱土。以盐碱土最低,平均氮含量仅 0.058%,草甸褐土或潮土氮的含量也较低,其含量范围 0.033%—0.169%,平均含量为 0.075%,其中以种植花生的土壤平均含量最低,仅 0.056%。高粱土平均含氮量最高达 0.117%。从上述规律看出,不同土壤类型氮的含量高低与人类活动和土地利用程度有明显关系。不同类型土壤 10—20cm 的含氮量的规律与 0—10cm 的含氮量基本相同,也以亚高山草甸土的含氮量最高,平均达 0.199%,最高达 0.287%,其次为棕壤,平均达 0.149%,但都比 0—10cm 表层的含氮量

稍低,以褐土性果园土和淋溶褐土、草甸褐土或潮土较低(表 4)。

海河流域土壤中碳的含量,不同土类 0—10cm 以棕壤最高,平均含量达 4.42%,最高值达 9.58%,其次为亚高山草甸土,平均含量达 3.58%,最高含量达 4.8%;草甸褐土或潮土最低,平均含量仅 0.62%,各土类平均碳含量的顺序为棕壤>亚高山草甸土>淋溶褐土>新积土>褐土>盐碱土>褐土性果园土>草甸褐土或潮土;不同土壤类型 10—20cm 土层的碳含量都比 0—10cm 的碳含量高些,平均碳含量的顺序也有变化,以亚高山草甸土碳含量最高,平均值为 2.96%,最高值 3.94%,其次为新积土,平均碳含量达 1.60%,最高值达 2.54%,褐土性果园土最低,平均值仅 0.477%,含量范围变动最大,最高值为最低值的 8 倍(表 5)。

土壤酸碱度含量范围各土类 0—10cm 土层变动于 6.47—7.49 之间,10—20cm 土层变动在 6.6—7.85 之间;各类土壤有机质含量 0—10cm 土层含量范围变动在 1.05%—7.61%,10—20cm 土层变动在 1.02—5.09%,表层明显高于第 2 层。不同土壤类型有机质含量的高低,也反映出人类活动和土地利用的程度,集约利用的程度越高,有机质的含量越低。

2.2.2 流域中土壤的氮、碳含量的水平分布特征 海河流域土壤已大部分开垦为农田,已利用的土地占全流域总面积的 64.8%。现从各子流域氮、碳的含量水平,可看出其水平分布特征。从表 6 海河各子流域土壤中氮含量看出:以滹沱河流域氮的平均含量最高,达 0.165%,永定河流域土壤的含氮量最低,仅 0.063%。各子流域最低含氮量大都在 0.1% 以下,最高值只有 0.4% 左右。海河各子流域土壤中碳也以滹沱河流域平均碳含量最高,达 1.94%,大清河流域碳的平均含量最低,仅 0.540%,各子流域最低碳含量范围为 0.2%—0.4%,最高值达 6% 左

表 3 海河流域植物不同部位氮、碳的含量(以干重计算)

Table 3 The nitrogen and carbon content in different parts of crop in Haihe river basin (Calculated by dry matter)

植物名称 Name of plant	分析部位 Parts of plant	样品数 amount of sample	氮含量 N content				碳含量 C content			
			含量范围 Range	平均值 Mean	变异系数 C.V.	标准差 S.D	含量范围 Range	平均值 Mean	变异系数 C.V.	标准差 S.D
玉米 <i>Zea mays</i>	根 Root	26	0.432%—2.64%	1.015%	58.1%	0.8900	16.4%—43.8%	29.3%	28.8	8.41
	茎 Stem	31	0.482%—4.26%	1.371%	53.1%	0.8076	35.0%—42.4%	38.1%	7.6	2.903
	叶 Leaf	35	0.31%—4.38%	2.113%	40.4%	0.854	32.1%—49.1%	38.4%	12.5	48.07
	果 Fruit	18	0.084%—2.63%	1.226%	47.1%	0.577	38.4%—43.6%	41.0%	3.4	1.389
高粱 <i>Sorghum vulgare</i>	根 Root	7	0.294%—2.59%	1.406%	68.1%	0.9668	16.9%—43.2%	31.0%	30.2	9.346
	茎 Stem	10	0.02%—3.66%	1.72%	52.5%	0.862	36.6%—44.6%	39.0%	6.6	2.592
	叶 Leaf	11	0.393%—3.25%	1.94%	44.3%	0.859	35.8%—52.9%	42.9%	12.2	5.227
	果 Fruit	5	1.28%—2.86%	1.844%	34.3%	0.633	40.1%—43.6%	41.7%	3.4	1.426
谷子 <i>Panicum mitaceum</i>	根 Root	8	0.711%—1.43%	1.105%	25.0%	0.276	18.2%—38.1%	31.6%	24.1	7.614
	茎叶 Stem and leaf	8	0.340%—2.27%	1.631%	40.8%	0.665	33.3%—45.3%	37.7%	10.5	3.963
	果 Fruit	7	0.924%—2.65%	1.944%	28.3%	0.550	31.6%—42.3%	38.8%	9.4	3.664
小麦 <i>Triticum aestivum</i>	根 Root	2	0.960%—2.11%	1.535%	53.0%	0.813	21.5%—36.3%	28.9%	36.2	10.456
	茎叶 Stem and leaf	2	0.970%—1.17%	1.070%	13.2%	0.141	41.3%—43.6%	42.5%	2.4	1.626
	果 Fruit	2	2.27%—3.06%	2.665%	21.0%	0.559	39.1%—48.07%	43.6%	14.5	6.293
水稻 <i>Oryza sativa</i>	根 Root	2	0.84%—2.83%	1.825%	76.7%	1.41	37.9%—39.4%	38.7%	2.7	1.061
	茎叶 Stem and leaf	3	0.82%—2.82%	1.887%	53.7%	1.105	38.4%—44.4%	42.1%	7.7	3.258
白薯 <i>Ipomoea batatas</i>	根 Root	3	0.749%—1.31%	0.962%	31.6%	0.304	34.3%—40.1%	36.7%	8.1	3.011
	茎叶 Stem and leaf	3	1.81%—3.00%	2.450%	24.5%	0.600	36.5%—42.4%	38.8%	8.1	3.158
大豆 <i>Glycine max</i>	根 Root	15	0.580%—4.56%	1.88%	54.5%	1.025	30.6%—45.8%	34.7%	28.4	9.855
	茎 Stem	15	0.604%—3.75%	1.897%	50.7%	0.961	30.6%—45.8%	37.8%	10.3	3.902
	叶 Leaf	16	0.604%—5.26%	2.716%	42.8%	1.161	20.6%—45.5%	38.0%	15.4	5.848
	果 Fruit	6	1.81%—4.74%	3.378%	29.3%	0.988	39.1%—45.6%	45.6%	8.0	3.646
向日葵 <i>Helianthus annus</i>	根 Root	2	0.398%—1.37%	0.884%	77.7%	0.687	38.1%—39.2%	38.9%	2.0	0.778
	茎 Stem	2	1.64%—4.47%	3.055%	65.5%	2.001	32.9%—39.6%	36.3%	13.1	4.738
	叶 Leaf	3	1.31%—2.21%	1.817%	25.5%	0.461	26.1%—34.6%	30.2%	14.1	4.250
棉花 <i>Gossypium hirsutum</i>	根 Root	10	0.410%—1.45%	0.851%	43.9%	0.393	33.0%—41.4%	36.9%	7.6	2.994
	茎 Stem	9	0.488%—1.85%	1.166%	32.9%	0.384	34.4%—43.7%	39.6%	6.2	2.461
	叶 Leaf	15	1.75%—3.29%	2.312%	22.5%	0.521	27.1%—39.2%	34.2%	8.6	2.955
	果 Fruit	8	1.13%—2.59%	2.218%	27.1%	0.626	35.2%—44.2%	39.3%	8.6	3.420
花生 <i>Arachis hypogaea</i>	根 Root	3	1.22%—1.81%	1.536%	19.4%	0.297	33.8%—37.1%	35.3%	4.9	1.758
	茎叶 Stem and leaf	2	1.46%—2.96%	2.236%	33.6%	0.751	33.0%—35.9%	34.5%	4.2	1.453
	果 Fruit	2	0.773%—1.87%	1.322%	58.7%	0.776	38.7%—57.1%	49.9%	19.7	9.831
马铃薯 <i>Solanum tuberosum</i>	根 Root	2	1.21%—3.04%	2.125%	61.0%	1.294	23.9%—35.6%	29.8%	27.8	8.273
	茎 Stem	2	1.96%—6.28%	4.120%	74.1%	3.055	23.7%—28.9%	26.3%	14.0	3.677
	叶 Leaf	3	1.62%—3.58%	2.527%	34.9%	0.881	16.5%—31.4%	26.3%	32.3	8.49
油菜 <i>Brassica juncea</i>	茎叶 Stem and leaf	2	3.88%—4.08%	3.980%	3.6%	0.141	41.0%—42.7%	41.9%	2.9	1.202

右,可见,各子流域土壤中氮、碳含量的地域分异规律变化不大,除滦河流域的氮、碳含量差异较显著外,其余各流域氮、碳含量分异不明显。这反映出人类活动和土地集约利用程度的不同,以及各子流域的成土条件、水热条件、微生物等生物地球化学差异的影响。滦河上游海拔1500m以上山地还保留了部分的天然林和人工林,土壤性质明显受母岩风化物质的影响,且植被枯枝落叶层较厚,有机质含量较丰富,分布着落叶松林的棕壤土,有机质含量范围约3%—16%,分布着油松林或灌丛的褐土,有机质含量范围约2%—3%,而几乎全部开垦为农田的大清河、永定河流域,耕作土壤有机质含量范围仅0.5%—2%。在目前耕作土壤施肥水平各地区虽有些差异,但相差不大,说明滦河流域氮、碳含量比其他子流域偏高的原因,很大程度上是由于滦河流域与其他子流域生物地球化学作用的差异。因为无机碳可通过对母质的风化、成土的物理、化学、微生物等作用转化为有机碳,以及由于水热条件使枯枝落叶等植物残体形成有机碳,有机质的条件是不同的^[4]。另外,也决定于各子流域土地集约利用程度较高,有机质含量低,土壤中氮、碳含量也受到影响。

表4 海河流域不同类型土壤中氮的含量(以干重计算)

Table 4 The nitrogen content of different types of soil in Haihe river basin (Caecuated by dry matter)

土壤类型 Type of soil	样品数 Amount of sample	(1)0—10cm		(2)10—20cm		pH	有机质% Organio matter
		含量范围 Range	平均值 Mean	标准差 S. D	变异系数 C. V.		
草甸褐土、潮土 Meadow drab soil miosture soil	(1)52 (2)48	0.033%—0.169% 0.035%—0.127	0.075% 0.068%	0.078 0.015	62.18% 20.0%	7.12 7.55	1.27% 1.02%
褐土性果园土 Orchard soil of drab soil	(1)4 (2)3	0.052%—0.125% 0.044%—0.063%	0.077% 0.053%	0.033 0.009	42.86% 17.93%	7.03 7.12	1.14% 1.32%
新积土 New pile up soil	(1)5 (2)5	0.069%—0.160% 0.068%—0.124%	0.118% 0.097%	0.033 0.023	27.9% 23.7%	7.49 7.29	3.79% 2.81%
淋溶褐土 Luvisols drab soil	(1)6 (2)6	0.055%—0.099% 0.045%—0.098%	0.077% 0.06%	0.018 0.019	23.38% 31.67%	7.21 6.83	1.56% 1.19%
盐碱土 Solonetz-solonchak soil	(1)2 (2)	0.039%—0.077% —	0.058% —	0.027 —	46.38% —	7.28 —	1.05% —
褐土 Drab soil	(1)3 (2)3	0.089%—0.136% 0.123%—0.129%	0.118% 0.126%	0.026 0.004	22.03% 3.37%	6.55 6.75	2.22% 1.87%
棕壤 Brunisolic soil	(1)5 (2)5	0.094%—0.496% 0.039%—0.235%	0.299% 0.149%	0.150 0.074	50.17% 49.66%	6.52 6.43	7.61% 2.43%
亚高山草甸土 Sub-apline Meadow soil	(1)2 (2)2	0.215%—0.459% 0.112%—0.287%	0.337% 0.199%	0.173 0.124	51.34% 62.31%	6.47 6.26	6.18% 5.09%

2.3 土壤中氮、碳含量与植物中氮、碳含量和有机质含量之间的关系

将玉米、谷子、大豆、棉花、高粱、花生6种作物和果树、刺槐、芦苇、碱蓬、落叶松、山杨等植物的氮、碳含量与土壤中氮、碳含量做线性回归相关分析,结果说明:大部分植物的氮、碳含量与土壤氮、碳含量相关性不显著或无相关,只有果树的氮与土壤中的氮含量呈线性负相关,相关性达极显著水平($p=0.01$ $r=-0.9978$);玉米和果树碳含量与土壤中碳含量呈线性负相关,相关性达显著水平($p=0.05$), r 分别为 -0.4369 ($n=20$), -0.9298 ($n=3$)。

对10种土壤中的氮、碳含量与相应的土壤有机质含量做线性回归分析,结果表明(表7):10种土壤中有7种土壤氮含量与土壤有机质含量呈显著相关,其中5种呈极相关($P=0.01$)。

谷子土和棕壤土氮含量与有机质含量呈显著相关($p=0.05$),只有种植大豆和花生的土壤和淋溶褐土的氮含量与有机质的含量无相关。土壤中碳含量与有机质含量相关性明显。10 种土壤中含碳量有 8 种土壤含碳量与有机质含量呈显著相关,其中 7 种达极显著相关($p=0.01$),1 种相关性显著($p=0.05$),只有 2 种土壤无相关。可见本区土壤中氮、碳含量的高低与土壤有机质含量有着密切关系。

表 5 海河流域不同类型土壤中碳的含量(以干重计算)

Table 5 The carbon content of different types of soil in Haihe river basin (Calculated by dry matter)

土壤类型 Type of soil	样品数 Amount of sample	(1)0—10cm		(2)10—20cm		pH	有机质 % Organic matter
		含量范围 Range	平均值 Mean	标准差 S. D	变异系数 C. V.		
草甸褐土、潮土 Meadow drab soil moisture soil	(1)49 (2)48	0.23%—4.12% 0.16%—3.94	0.618% 0.620%	0.264 0.258	42.72% 41.61%	7.12 7.58	1.27% 1.023%
褐土性果园土 Orchard soil of drab soil	(1)4 (2)3	0.38%—1.17% 0.32%—0.65%	0.66% 0.477%	0.363 0.135	55.0% 28.3%	7.03 7.12	1.14% 1.32%
新积土 New pile up soil	(1)5 (2)5	0.82%—2.55% 0.33%—2.54%	2.02% 1.63%	0.835 0.724	41.34% 44.4%	7.49 7.29	3.79% 2.81%
淋溶褐土 Luvisols drab soil	(1)6 (2)6	0.68%—1.60% 0.21%—1.04%	0.91% 0.69%	0.348 0.271	38.24% 39.28%	7.21 6.83	1.56% 1.19%
盐碱土 Solonetzsolonchak soil	(1)3 (2)1	0.46%—0.69% —	0.67% —	0.13 —	19.40% —	7.28 —	1.05% —
褐土 Drab soil	(1)3 (2)3	0.93%—6.03% 0.93%—1.25%	2.87% 1.12%	2.76 0.137	96.17% 12.23%	6.55 6.75	2.22% 1.87%
棕壤 Brunisolic soil	(1)5 (2)5	0.98%—9.58% 0.21%—3.09%	4.42% 1.412%	3.30 1.025	74.76% 72.59%	6.52 6.43	7.61% 2.43%
亚高山草甸土 Sub-alpine	(1)2 (2)2	2.29%—4.87% 1.97%—3.94	3.58% 2.965%	1.824 0.985	50.95% 33.22%	6.47 6.26	6.18% 5.09%

表 6 海河流域不同子流域土壤氮、碳含量比较

Table 6 The comparison of nitrogen and carbon content of soil in different sub-Valley of Haihe river basin

流域名称 Name of valley	海拔高度 Elevation (m)	土壤类型 Type of soil	样品数 Amount of sample	(1)含氮量(N content) (2)含碳量(C content)			
				含量范围 Range	平均值 Mean	标准差 S. D	变异系数 C. V.
潮白河子流域 Chaobaihe sub-valley	1—16	盐碱土、潮土 Solonetz-solonchak soil moisture soil	(1) 3	0.62%—0.13%	0.092%	0.028	30.43%
			(2)	0.43%—1.18%	0.748%	0.272	36.36%
永定河子流域 Yongdinghe sub-valley	27—1291	褐土 Drab soil	(1) 17	0.040%—0.129%	0.0626%	0.024	38.341%
			(2)	0.15%—4.12%	0.812%	0.843	103.82%
大清河子流域 Daqinghe sub-valley	1—7	盐碱土、潮土 Solonetz-solonchak soil moisture soil	(1) 19	0.040%—0.129%	0.083%	0.022	26.51%
			(2)	0.20%—1.45%	0.540%	0.299	55.87%
漳卫河子流域 Zhangweihe sub-valley	3—52	潮土 Moisture soil	(1) 21	0.033%—0.097%	0.069%	0.0195	28.26%
			(2)	0.363%—2.16%	0.698%	0.394	56.45%
滦沱河子流域 Hutuobe sub-valley	134—3058	褐土、潮土 Drab soil moisture soil	(1) 13	0.062%—0.375%	0.165%	0.109	66.06%
			(2)	0.37%—5.81%	1.938%	1.425	73.61%
子牙河子流域 Zhiyaye sub-valley	—	潮土 Moisture soil	(1) 9	0.082%—0.11%	0.082%	0.032	39.02%
			(2)	0.28%—0.88%	0.631%	0.198	31.38%

表 7 土壤中氮、碳含量与土壤有机质含量相关性

Table 7 The correlation between nitrogen and carbon and organic matter content of soil

土壤名称 Name of soil	样品数 Amount of sample	元素 Element	线性回归方程 Equation of linear regress	相关系数 Relative coefficient	显著性 Significant
玉米土 Maize soil	19	N	$y_{\pm} = 0.0333 + 0.0359x_{\text{有机质}}$	0.7272	0.01
		C	$y_{\pm} = -0.0388 + 0.6897x_{\text{有机质}}$	0.4734	0.05
谷子土 Millet soil	6	N	$y_{\pm} = 0.0430 + 0.0296x_{\text{有机质}}$	0.8381	0.05
		C	$y_{\pm} = -1.9978 + 0.5840x_{\text{有机质}}$	0.9999	0.01
棉花土 Cotton soil	6	N	$y_{\pm} = 3.9961 + 0.0609x_{\text{有机质}}$	0.7769	0.01
		C	$y_{\pm} = 0.0261 + 0.5630x_{\text{有机质}}$	0.9982	0.01
高粱土 Sorghum soil	6	N	$y_{\pm} = 0.0300 + 0.0541x_{\text{有机质}}$	0.8771	0.01
		C	$y_{\pm} = -8.1411 + 0.5689x_{\text{有机质}}$	0.9991	0.01
大豆土 Soybean soil	6	N	$y_{\pm} = -0.1284 - 0.0738x_{\text{有机质}}$	-0.0738	—
		C	$y_{\pm} = 0.0209 + 0.5605x_{\text{有机质}}$	0.0986	0.01
花生土 Peanut soil	3	N	$y_{\pm} = 0.0670 + 0.0678x_{\text{有机质}}$	0.0679	—
		C	$y_{\pm} = 0.6657 + 0.6658x_{\text{有机质}}$	0.6658	—
果园土 Orchard soil	4	N	$y_{\pm} = 0.0244 + 0.0434x_{\text{有机质}}$	0.9553	0.01
		C	$y_{\pm} = -0.3652 + 0.7332x_{\text{有机质}}$	0.7869	—
棕壤 Brunisolic soil	5	N	$y_{\pm} = 0.0574 + 0.0152x_{\text{有机质}}$	0.8775	0.05
		C	$y_{\pm} = 0.1034 + 0.5347x_{\text{有机质}}$	0.9933	0.01
淋溶褐土 Luvisols drab soil	6	N	$y_{\pm} = 0.0447 + 0.0175x_{\text{有机质}}$	0.5433	—
		C	$y_{\pm} = 0.0144 + 0.5712x_{\text{有机质}}$	0.9988	0.01
草甸潮土 Meadow oisture soil	3	N	$y_{\pm} = -0.5056 + 0.4271x_{\text{有机质}}$	0.9985	0.01
		C	$y_{\pm} = -0.1732 + 0.7019x_{\text{有机质}}$	0.9999	0.01

* 注:指种植玉米的土壤(下同)。

note: Soil planted maize (the same below).

3 结论与建议

3.1 本区大部分植物平均含氮量约 2%,极少数达 3%—4%,而植物干物质中约含有 2%—4%的氮^[6],富集氮的植物达 4%以上。在高产地区玉米含氮量达 2.8%^[9],而本区玉米叶片含量约 2%,可见本区植物含氮量不算高。除豆科植物外,一般植物必需从土壤中吸收无机氮素,因此,增加土壤中氮素,可提高本区作物的产量。

3.2 本区亚高山草甸土和棕壤土表层平均含氮量最高,约为 0.3%,其余各土类表层平均含氮量都在 0.06%—0.1%左右,而土壤中含氮量通常最高可达 0.4%左右,最低只 0.04%^[9],可见本区土壤含氮量属中、下水平,应适当增施有机肥,提高土壤肥力。

3.3 本区耕作层土壤氮、碳含量与各土壤类型的氮、碳含量水平分布特点与有机质含量有着密切关系。10cm 以上表层氮含量与有机质含量都明显高于 10—20cm 土层。不同土壤类型的氮、碳含量与土壤有机质含量也有相应的规律,如含氮量最高的亚高山草甸土和含碳量最高的棕壤土,有机质含量都较高,可见人类活动对土地利用集约程度、对土壤肥力消耗的影响。

3.4 从上述植物、土壤氮、碳的含量特点和分布规律看出,本区应适量施用氮肥,提高土壤氮肥的利用率。目前我国一般土壤氮素的利用率仅 30%—50%,而生物固定后,一些氮肥通过氮

的挥发、硝态氮的反硝化作用损失掉,土壤中 10%—15%无机氮由反硝化作用而损失^[9]。因此,可用消化抑制剂、抑制硝化作用,以提高氮肥利用率。植物吸收氮素主要形式是铵态氮和硝酸根,而光、温度、pH 值、土壤水分等因素都会影响 NO₃ 和 NH₄ 的吸收^[9],施用适量的氮肥,要根据具体的环境条件决定肥料的种类和施用量。在干旱或半干旱地区,土壤水分的大小,对决定氮肥最佳使用量就更为重要^[9]。

3.5 本区植物、土壤中的碳含量属正常范围,植物中的碳含量明显高于土壤。碳虽不是植物必需的养分元素,但一个生态系统的生产力的调节作用,在很大程度上依赖于大气参数,如 CO₂ 浓度和光,而养分循环也受包括大气在内各种过程所控制^[6]。同时土壤有机质中碳与氮的比,也会影响植物对土壤养分的吸收和同化,如土壤有机质 C/N 小于 30,含氮量大于 1.2%—1.3%时为土壤氮素净矿化,反之则为净固定^[9],因此,碳含量的多少,对养分元素被植物吸收的影响也是很重要的。

参 考 文 献

- 1 Bolin B. The Carbon Cycle. *Scientific American*. 1970, 223(3): 124—132
- 2 Clark F E. & Roaswall T (eds). Terrestrial Nitrogen Cycle, Processes, ecosystem strategies and mangement impacts, *Ecol. Bull (Stockholm)*. 1981, 33
- 3 Duvigneaus P, et al. 温带落叶林矿质元素的生物循环. 植物生态学译丛, 第一集. 北京, 科学出版社. 1974, 72
- 4 秦祖平. 农田生态系统中氮素循环的研究概况. 生态学进展, 1988, 5(4): 221
- 5 福里赛尔主编. 夏荣基译. 农业生态系统矿质养分的循环. 北京, 农业出版社. 1981, 381
- 6 侯学煜. 中国植被地理及优势植物化学成分. 北京, 科学出版社. 1982, 260—267, 358—369
- 7 Olson J S. (阳含熙译). 碳素循环与温带森林. 植物生态学译丛, 第一集, 北京, 科学出版社. 1974, 96—107
- 8 刘全友等. 海河流域土壤中碳的分布特征. 环境科学, 1992, 13(2): 26—32
- 9 史瑞和等编著. 植物营养原理. 南京, 江苏科学技术出版社. 1989, 217—346

CHARACTERISTICS OF NITROGEN AND CARBON CONTENTS IN PLANTS AND SOILS IN THE HAIHE RIVER BASIN

Huang Yinxiao Lin Shunhua Jiang Gaoming Han Rongzhuang Gao Leiming

(*Institute of Botany, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100044*)

The contents of nitrogen and carbon in plants, including cultivated and wild plants, and soils in the Haihe River Basin were characterized. It was found that the plants growing in this area had an average N content of about 2% with a maximum of about 6%, and few species of them had an average N content of 3%—4%. Different types of plant might have different N contents. Vegetable crops were found to have the highest value while ferns and mosses having the lowest value. Most of the plants had an average C content of about 40%—50% which was considered to be normal. The levels of carbon in plants were also depending on the species taken in consideration. The highest level was found in evergreen trees while the lowest level being found in vegetable crops. Both N and C levels were found different in different parts of a plant. In general, N level was lower in root than in stem, leaves or fruits while C level was higher in fruits than in stem or leaves. Among different types of soil, sub-alpine meadow soil had the highest N content and solonez-solonchalk had the lowest N content. The N content in soil was much higher in the 0-10cm layer than in the 10-20cm layer. The C content was highest in burozem and lowest in meadow drab soil. It was also found to be obvious that the C content was higher in soils than in plants. In most soils, both N and C contents were significantly correlated with the organic matter contents. The soils that had been more intensively used would have correspondingly a less organic matter content. The horizontal distribution of soil N and C levels in six sub-basins of the Haihe River was characterized by: both the highest N and C levels in the Hutuohe sub-basin, the lowest N level in the Yongdinghe sub-basin, the lowest C level in the Daqinghe sub-basin, and the obviously regional differentiation of N and C levels in the Hutuohe sub-basin but not in the other sub-basins.

Key words: Haihe River Basin, nitrogen, carbon, soil, plant, Characteristics of contents.