

中国植被对氮和盐基阳离子吸收速率及其在土壤酸化中的作用

段雷¹, 黄永梅², 郝吉明¹, 周中平¹ (1. 清华大学环境科学与工程系, 北京 100084, E-mail: lduan@tsinghua.edu.cn; 2. 北京师范大学资源科学研究所, 北京 100875)

摘要: 植被对氮和盐基阳离子的吸收是除酸沉降外另一个重要的土壤酸度来源. 本研究基于中国植被的净初级生产力和元素化学组成确定了中国植被对氮和盐基阳离子的吸收速率. 结果表明中国东南部, 包括东北、华北、华东和华南地区, 植被对氮的吸收速率普遍较低, 而在中国的西北部吸收速率较高, 并且由东南向西北逐渐递减. 对盐基阳离子来说, 吸收速率较高 ($> 2.0 \text{ keq} \cdot (\text{h m}^2 \cdot \text{a})^{-1}$) 的植被有亚热带、热带常绿阔叶林、温带石灰岩落叶阔叶林、温带落叶灌丛和亚热带、热带稀树灌木草原等, 它们主要分布在华北西北部、云南南部和海南岛西部, 而吸收速率较低 ($< 0.5 \text{ keq} \cdot (\text{h m}^2 \cdot \text{a})^{-1}$) 的植被则主要包括分布在东部亚热带地区的常绿针叶林以及分布在西部干旱地区的各种荒漠和草原. 尽管中国大多数地区不会因为植被吸收而造成显著的土壤酸度增加, 但在少数地区, 植物吸收造成的土壤酸度输入却不容忽视 ($> 0.5 \text{ keq} \cdot (\text{h m}^2 \cdot \text{a})^{-1}$). 由于这些地区植被吸收造成的土壤酸度输入已经大于或相当于目前的酸沉降水平, 而且两者之和也超过了土壤的风化速率, 这些地区可能面临土壤的酸化问题.

关键词: 吸收; 植被; 氮; 盐基阳离子; 酸化

中图分类号: X517 文献标识码: A 文章编号: 0250-3301(2002)03-07-0068

Vegetation Uptake of Nitrogen and Base Cation in China and Its Role in Soil Acidification

Duan Lei¹, Huang Yongmei², Hao Jiming¹, Zhou Zhongping¹ (1. Department of Environmental Science and Engineering, Tsinghua University, Beijing 100084, China E-mail: lduan@tsinghua.edu.cn; 2. Resource Science Research Institute, Beijing Normal University, Beijing 100875)

Abstract: Vegetation uptake of nitrogen and base cation, as well as acid deposition, is an important source of soil acidity. Based on the net primary productivity and elemental composition, the uptake rate of nitrogen and base cation was estimated for each vegetation type in China. Result showed that the uptake rate of nitrogen was commonly low in southeast China and high in northwest China, and decreased gradually from southeast to northwest in northwest China. In addition, the uptake rate of base cation was very high ($> 2.0 \text{ keq} \cdot (\text{h m}^2 \cdot \text{a})^{-1}$) for subtropical/tropical broadleaf evergreen forest, temperate limestone broadleaf deciduous forest, temperate deciduous shrub, and subtropical/tropical savanna in the northeast of Huabei Plain, the south of Yunnan province, and the west of Hainan Island respectively, and low ($< 0.5 \text{ keq} \cdot (\text{h m}^2 \cdot \text{a})^{-1}$) for subtropical evergreen coniferous forest in east China and deserts and steppes in arid region of west China. Although vegetation uptake caused no increase of soil acidity in almost all areas in China, the acidity input caused by vegetation uptake was quite high ($> 0.5 \text{ keq} \cdot (\text{h m}^2 \cdot \text{a})^{-1}$) and even higher than the current acid deposition in some areas, where soil acidification might happen because the total acidity input exceeded the alkalinity produced by soil weathering.

Key words: uptake; vegetation; nitrogen; base cation; acidification

1 植被吸收速率的确定方法

植被在生长时, 从土壤溶液中吸收氮和盐基阳离子. 这个过程对于土壤来说, 则意味着这些物质的损失. 根据土壤中的酸度平衡关系^[1]

可知, 植被对盐基阳离子的吸收是除酸沉降外

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(50078027)

作者简介: 段雷(1972~), 男, 博士, 讲师, 主要研究方向为大气污染控制.

收稿日期: 2001-01-16; 修订日期: 2001-06-05

的另一个重要的土壤酸度源,而植被对氮的吸收则是一个碱度源.因此,植被吸收所产生的酸度应由两者之差来表示.

对于森林生态系统来说,由于生物吸收造成的氮和盐基阳离子长期损失主要来源于森林的砍伐,其中包括对乔木干材的采伐以及树枝被收集后用作薪柴.树干和树枝平均吸收氮和盐基阳离子量由下式计算,即用年增长量乘以各元素的含量:

$$X_u = K_t X_t + K_b X_b \quad (1)$$

其中, X 是元素 X 的净吸收速率 ($\text{keq} \cdot (\text{hm}^2 \cdot \text{a})^{-1}$), K_t 和 K_b 分别是树干和树枝的净生产力 ($\text{t} \cdot (\text{hm}^2 \cdot \text{a})^{-1}$), X_t 和 X_b 分别为元素 X 在树干和树枝中的含量 ($\text{keq} \cdot \text{t}^{-1}$).相应地,灌丛生态系统吸收氮和盐基阳离子的平均速率为枝生产力与枝中各元素含量之积.对于草甸、草原和荒漠,由于生物吸收造成的氮和盐基阳离子的损失主要来源于放牧,即牲畜对草的食用.考虑到中国草原普遍处于过度放牧状态,假设食草量就等于产草量,于是得到草地生态系统年平均吸收速率为年产草量和元素含量之积.至于农田,尽管农作物对氮和盐基阳离子的吸收速率很高,但是由于受到人为耕作活动(特别是施肥)的频繁影响,作物从土壤中吸收的元素通量与人为活动对土壤的输入通量达到一个动态的平衡,因此可以认为农田对氮和盐基阳离子的净吸收速率为 0.

2 中国植被对氮和盐基阳离子的吸收速率

根据我国现有的植被净初级生产力以及优势植物的元素化学成分资料^[2~5],分别计算了我国主要森林、灌丛、草地植被类型的生物吸收速率,结果如表 1 所示.其中 BC 为 K, Ca, Mg 和 Na 之和,BC-N 表示由于植物吸收造成的土壤酸度输入.本文采用文献[6,7]所述的中国植被分类方法和文献[7]中的中国植被图.从表 1 中可以看出,中国植被对氮和盐基阳离子的吸收速率存在较大差异,这种差异是由中国各地区之间不同的气候(主要影响植被生产力)和土壤条件(主要影响植被的化学成份)共同造成的.分析和归纳表 1 中的数据还可以得到各生

态系统类型对氮和盐基的平均吸收速率,如表 2 所示.根据表 2,生态系统对氮和盐基阳离子的吸收速率由高到低的次序分别是, N: 灌丛 > 草甸 > 阔叶林 > 草原 > 荒漠 > 针叶林; BC: 阔叶林 > 灌丛 > 草甸 > 荒漠 > 针叶林 > 草原.在上述生态系统中,荒漠、阔叶林和针叶林一般来说都存在由于植物吸收造成的土壤酸度输入,而对于灌丛、草甸和草原则土壤碱度增加.

根据以上结果,可以得到中国植被对氮的吸收速率分布(图 1).从图 1 可知,中国东南部,包括东北、华北、华东和华南地区,植被对氮的吸收速率普遍较低,而在中国西北部则较高,并且由东南向西北逐渐递减.对照中国植被分布图可知,中国东部主要是农田,此外在华北平原西部和长江以南的丘陵和山地还零星分布着一些针叶林.针叶林对氮的吸收速率很低,而农作物的净吸收速率为 0.在中国的西北部,由东南向西北依次分布着阔叶林、灌木、草甸、草原和荒漠,植被对氮的吸收速率的分布规律与植被生产力的分布规律相一致,表明水热条件是决定植被对氮的吸收速率的最重要的因素.

与氮相比,中国植被对盐基阳离子吸收速率的地理分布规律不太明显.尽管植被对钾的吸收速率分布与对氮的吸收速率分布比较一致(两者的比较结果见图 2),但植被对钙的吸收速率分布却与之存在较大的差异.除了云南南部的亚热带、热带常绿阔叶林、海南岛西部的热带、亚热带稀树灌木草原以及华北西北部的温带石灰岩落叶阔叶林和温带落叶灌丛对钙的吸收速率较大($>1.5 \text{ keq} \cdot (\text{hm}^2 \cdot \text{a})^{-1}$)之外,其它各种植被对钙的吸收速率相差并不明显.对于分布在东部湿润地区的针叶林和阔叶林来说,尽管其生产力较大,但由于所在的酸性土壤中钙元素的含量极低,因而对钙的吸收速率也较低.与之相反,分布在温带干旱区或半干旱区的石灰性沙土上的草甸、草原和荒漠植被,尽管水分的缺乏限制了植物的生长,但由于土壤中富含钙,植被对钙的吸收速率却并不太低.总而言之,植被对钙的吸收速率的这种分布格局是由土壤条件和气候条件共同作用的结果.

表 1 中国植被对氮和盐基阳离子的吸收速率/ $\text{keq} \cdot (\text{hm}^2 \cdot \text{a})^{-1}$

Table 1 Vegetation uptake of nitrogen and base cation in China

植被类型	N	K	Ca	Mg	Na	BC	BC- N
寒温带 温带山地落叶针叶林							
兴安落叶松	0.51	0.11	1.40	0.25		1.76	1.3
西伯利亚落叶松	0.41	0.09	1.12	0.20		1.41	1.0
长白落叶松	0.29	0.10	0.23	0.14		0.48	0.2
寒温带 温带山地常绿针叶林							
冷杉 云杉(东部)	0.98	0.08	1.28	0.72		2.09	1.1
云杉(西部)	0.09	0.01	0.12	0.07		0.20	0.1
樟子松	0.16	0.02	0.10	0.14		0.26	0.1
温带草原沙地常绿针叶疏林							
樟子松疏林	0.13	0.02	0.06	0.08		0.15	0.0
温带常绿针叶林							
油松	0.55	0.12	0.68	0.16		0.96	0.4
赤松	0.73	0.16	0.93	0.21		1.30	0.6
亚热带 热带常绿针叶林							
华山松	0.58	0.16	0.29	0.12		0.57	0.0
马尾松	0.21	0.04	0.13	0.08		0.25	0.0
云南松	0.39	0.06	0.19	0.11	0.01	0.37	0.0
思茅松	1.17	0.19	0.56	0.32	0.02	1.10	- 0.1
杉木林	0.50	0.10	0.47	0.30		0.87	0.4
亚热带 热带山地常绿针叶林							
山地冷杉 云杉 铁杉林	0.67	0.06	0.88	0.49		1.43	0.8
温带落叶阔叶树 常绿针叶树混交林							
落叶红松林	0.87	0.15	0.95	0.11		1.21	0.3
温带 亚热带落叶阔叶林							
蒙古栎	0.56	0.10	0.35	0.05		0.51	- 0.1
辽东栎 槲树 槲栎	0.16	0.02	1.17	0.07		1.26	1.1
栓皮栎 麻栎 枹树	0.38	0.11	1.39	0.12		1.62	1.2
槭 槲 榆 桦杂木林	0.27	0.02	0.37	0.03		0.43	0.2
石灰岩榆 黄连木杂木林与侧柏林结合	0.36	0.28	2.30	0.10		2.68	2.3
温带山地落叶小葉林							
桦 杨林	0.92	0.11	0.44	0.15		0.69	- 0.2
温带落叶小叶疏林							
草原沙地榆树疏林	0.10	0.01	0.20	0.02		0.23	0.1
荒漠 沙地胡杨疏林	0.34	0.04	0.16	0.05		0.25	- 0.1
亚热带石灰岩落叶阔叶 常绿阔叶混交林							
榆 化香 槭混交林(结合柏木疏林)	0.94	0.21	0.47	0.16	0.01	0.85	- 0.1
榆 化香 槭混交林(结合干柏木疏林)	0.47	0.10	0.23	0.08	0.01	0.42	- 0.1
亚热带 热带山地常绿阔叶树 落叶阔叶树混交林							
槲 栲 山毛榉杂木林	1.99	0.88	0.86	0.37		2.11	0.1
青冈栎 山毛榉 铁杉	2.06	0.56	1.37	0.50	0.02	2.44	0.4
高山栎 槭 桦 铁杉	1.73	0.65	1.99	0.49	0.14	3.27	1.5
亚热带常绿阔叶林							
青冈栎 甜槠栲	2.06	0.68	0.96	0.37	0.03	2.02	0.0
滇青冈 高山栲	1.46	0.10	1.48	0.42		2.00	0.5
刺栲 岭南栲 木荷	1.60	0.59	1.28	0.39		2.27	0.7
刺栲 印栲 西南木荷	2.88	0.55	2.24	0.81		3.61	0.7
热带雨林性常绿阔叶林							
含罗汉松科的青钩栲 樟 茶林	2.19	0.97	0.94	0.41		2.32	0.1
亚热带硬叶常绿阔叶林							
高山栎林	1.73	0.65	1.99	0.49	0.14	3.27	1.5
热带半常绿阔叶季雨林							
石灰岩季雨林和灌丛	2.94	0.94	1.70	1.11	0.01	3.75	0.8
砖红壤季雨林	2.94	0.94	1.70	1.11	0.01	3.75	0.8
热带常绿阔叶雨林							
雨林	1.19	0.90	0.77	0.32	0.04	2.03	0.8
热带海滨硬叶常绿阔叶灌丛 矮林							
红树林	2.23	0.39	2.62	0.79	1.77	4.68	2.5
温带落叶灌丛							

续表 1

植被类型	N	K	Ca	Mg	Na	BC	BC- N
山地虎榛子 绣线菊灌丛	1.67	0.34	1.81		0.09	2.24	0.6
草原沙地锦鸡儿 柳 蒿灌丛	0.96	0.13	0.37		0.02	0.52	- 0.4
丘陵荆条 酸枣灌丛与白羊草 黄背草群落结合	3.07	0.76	1.28		0.05	2.09	- 1.0
亚热带 热带常绿 落叶阔叶灌丛							
大白杜鹃 乌鸦果 铁子灌丛与云南松疏林结合	1.48	0.10	0.37		0.05	0.52	- 1.0
野牡丹 大沙叶灌丛(与马尾松林结合)	1.86	0.42	0.36		0.22	1.00	- 0.9
野牡丹 大沙叶灌丛(思茅松林结合)	2.13	0.55	0.58		0.19	1.32	- 0.8
热带珊瑚礁肉质常绿阔叶灌丛 矮林							
草海桐 羊角树灌丛 矮林	1.74	0.43	0.68		1.05	2.16	0.4
亚热带高山 亚高山常绿草质叶灌丛							
杜鹃灌丛	1.83	0.39	1.02		0.29	1.70	- 0.1
温带 亚热带亚高山落叶灌丛							
高山柳 金露梅 鬼见愁灌丛	2.43	0.51	1.36		0.39	2.26	- 0.2
温带高山矮灌木苔原							
圆叶柳 牙疙疸 苔藓苔原	1.66	0.26	0.44		0.69	1.40	- 0.3
高山垫状矮半灌木 草本植被和稀疏植被							
蚤缀 点地梅垫状植被	2.96	0.74	1.24		0.06	2.03	- 0.9
温带矮半灌木荒漠							
合头草低山岩漠	0.46	0.14	0.37		0.68	1.19	0.7
假木贼砾漠	0.49	0.18	0.53		0.95	1.66	1.2
琵琶柴砾漠	0.28	0.05	0.20		0.32	0.57	0.3
蒿属 短期生草壤漠	0.41	0.15	0.10		0.04	0.29	- 0.1
温带多汁盐生矮半灌木荒漠							
盐爪爪盐漠	2.02	1.02	0.41		6.73	8.17	6.2
温带灌木 半灌木荒漠							
腰果麻黄 木霸王 沙拐枣砾漠	0.39	0.04	0.32		0.03	0.39	0.0
川青锦鸡儿 驼绒藜沙砾漠	1.32	0.28	0.94		0.04	1.26	- 0.1
三瓣蔷薇 沙冬青 四合木沙砾漠	0.92	0.11	0.16		0.02	0.29	- 0.6
白沙蒿 油蒿沙漠	0.63	0.34	0.26		0.03	0.63	0.0
沙拐枣沙漠	1.24	0.49	0.86		0.18	1.52	0.3
怪柳沙漠	0.80	0.19	0.64		1.22	2.05	1.3
温带半乔木荒漠							
梭梭沙漠(白梭梭 梭梭)	0.43	0.16	0.29		0.46	0.91	0.5
梭梭沙漠(梭梭)	0.65	0.22	0.37		1.08	1.67	1.0
梭梭 琵琶柴壤漠	0.59	0.16	0.23		1.35	1.74	1.2
梭梭 腰果麻黄砾漠	0.66	0.11	0.40		0.70	1.21	0.6
温带高寒匍匐矮半灌木荒漠							
垫状驼绒藜 藏亚菊沙砾漠	0.17	0.07	0.11		0.02	0.20	0.0
温带禾草 杂类草草原							
羊草草原(含丰富杂草类)	3.51	0.80	0.32		0.08	1.20	- 2.3
羊草草原(含贝加尔针茅)	3.24	0.74	0.30		0.07	1.11	- 2.1
线叶菊草原	1.29	0.33	0.39		0.02	0.75	- 0.5
白羊草 黄背草草原	1.12	0.60	0.43		0.01	1.04	- 0.1
温带丛生禾草草原							
大针茅 克氏针茅草原(含羊草 杂类草)	1.32	0.30	0.21		0.05	0.55	- 0.8
大针茅 克氏针茅草原(含冷蒿 百里香)	0.70	0.16	0.11		0.02	0.29	- 0.4
克氏针茅 短花针茅草原	0.67	0.15	0.11		0.02	0.28	- 0.4
山地丛生禾草草原(棱狐茅 针茅)	0.51	0.14	0.10		0.01	0.25	- 0.3
山地丛生禾草草原(克氏针茅)	0.92	0.26	0.18		0.01	0.46	- 0.5
温带丛生矮禾草 矮半灌木草原							
戈壁针茅草原(含冷蒿)	0.65	0.19	0.21		0.05	0.45	- 0.2
戈壁针茅草原(含沙生针茅 旱蒿)	0.69	0.21	0.22		0.05	0.48	- 0.2
短花针茅 小黄亚菊草原	0.66	0.20	0.21		0.05	0.46	- 0.2
山地沙生针茅 矮半灌木草原	0.32	0.10	0.11		0.02	0.23	- 0.1
温带 亚热带高寒草原							
禾草 杂类草草原(针茅)	0.11	0.05	0.04		0.00	0.08	0.0
禾草 杂类草草原(早熟禾 狐茅)	0.27	0.08	0.05		0.01	0.14	- 0.1
紫花针茅草原(含羽柱针茅)	0.19	0.08	0.06		0.00	0.14	- 0.1
紫花针茅草原(含狐茅)	0.19	0.08	0.06		0.00	0.14	- 0.1
羽柱针茅 垫状驼绒藜草原	0.28	0.07	0.06		0.00	0.13	- 0.2

续表 1

植被类型	N	K	Ca	Mg	Na	BC	BC- N
亚热带 热带稀树灌木草原							
扭黄茅、香茅草原(含刺枣、金合欢)	1.49	0.40	1.66		0.38	2.43	0.9
扭黄茅、香茅草原(含刺篱木、露兜筋)	1.49	0.40	1.66		0.38	2.43	0.9
温带草甸							
杂类草、苔草 禾草草甸	2.34	0.78	0.40		0.15	1.33	- 1.0
禾草 杂类草盐生草甸(小獐茅、盐地碱蓬)	2.43	0.53	0.51		2.84	3.88	1.5
禾草 杂类草盐生草甸(芨芨草、盘果碱蓬)	1.64	0.43	0.34		1.83	2.61	1.0
禾草 杂类草盐生草甸(芦苇、罗布麻、骆驼刺)	1.23	0.42	0.92		0.14	1.48	0.3
温带 亚热带高寒草甸							
嵩草草甸	0.90	0.16	0.25		0.03	0.44	- 0.5
苔草、嵩草 杂类草草甸	1.76	0.42	0.35		0.11	0.87	- 0.9
盐生禾草 杂类草、嵩草草甸	1.17	0.29	0.63		0.20	1.12	0.0
温带草本沼泽							
禾草、苔草沼泽	3.11	1.16	0.35		0.28	1.78	- 1.3
温带高寒草本沼泽							
苔草、嵩草沼泽	1.02	0.23	0.40		0.05	0.68	- 0.3

表 2 中国各生态系统类型的平均吸收速率

Table 2 Average uptake rate of each ecosystem in China

生态系统	生产力 / t•(hm ² •a) ⁻¹	吸收速率/keq•(hm ² •a) ⁻¹						
		N	K	Ca	Mg	Na	BC	BC- N
针叶林	7.00	0.52	0.09	0.59	0.22	0.02	0.90	0.4
阔叶林	10.11	1.33	0.43	1.11	0.35	0.05	1.90	0.6
灌丛	3.51	2.00	0.42	1.01	0.79	0.40	1.83	- 0.2
荒漠	0.43	0.72	0.23	0.39	-	0.86	1.48	0.8
草原	0.93	0.98	0.27	0.32	-	0.06	0.65	- 0.3
草甸	1.21	1.73	0.49	0.46	-	0.62	1.58	- 0.2
所有植被	4.32	1.14	0.31	0.66	0.30	0.38	1.36	0.2

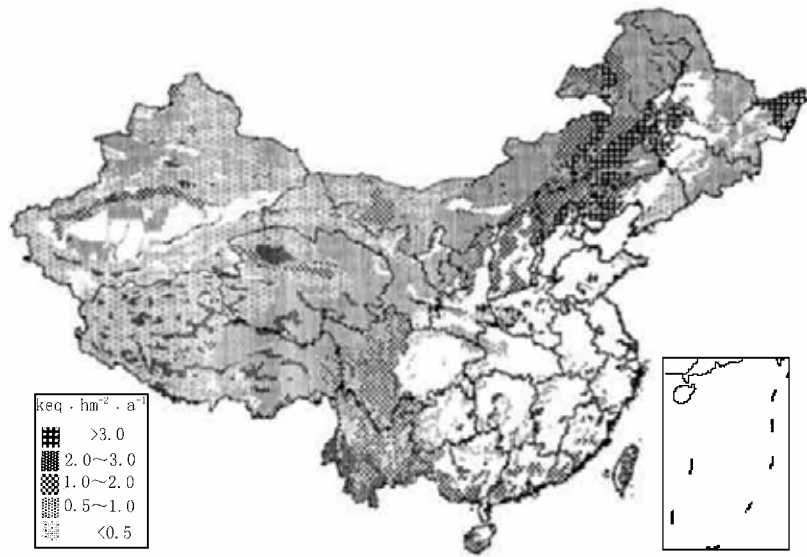


图 1 中国植被对氮的吸收速率分布

Fig.1 Vegetation uptake of nitrogen in China

综合植被对钾、钙和镁的吸收速率得到植被对盐基阳离子的总吸收速率,如图 3 所示.对盐基阳离子的吸收速率较高($>2.0\text{ keq}\cdot(\text{h}\text{m}^2\cdot\text{a})^{-1}$)的植被有亚热带、热带常绿阔叶林、温带石灰岩落叶阔叶林、温带落叶灌丛和亚热带、热带稀树灌木草原等,它们主要分布在华北西北

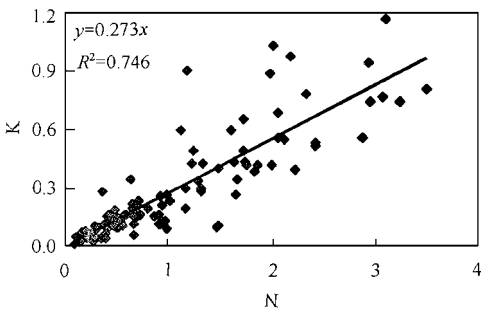


图 2 中国植被对钾的吸收速率同
对氮的吸收速率比较
Fig.2 Comparison of vegetation uptake of
potassium with nitrogen in China

部、云南南部和海南岛西部。另外,寒温带、温带山地针叶林、温带落叶阔叶林以及亚高山、高山落叶灌丛对盐基阳离子的吸收速率也较高($1.0 \sim 2.0 \text{ keq} \cdot (\text{h m}^2 \cdot \text{a})^{-1}$)。而对盐基阳离子吸收速率较低($< 0.5 \text{ keq} \cdot (\text{h m}^2 \cdot \text{a})^{-1}$)的植被则主要包括分布在东部亚热带地区的常绿针叶林以及分布在西部干旱地区的各种荒漠和草原。

将植被对盐基阳离子的吸收速率同对氮的吸收速率相比较,可以得到由于植被吸收造成的土壤酸度输入,如图4所示。从图上可以看出,尽管中国大多数地区不会因为植被吸收而

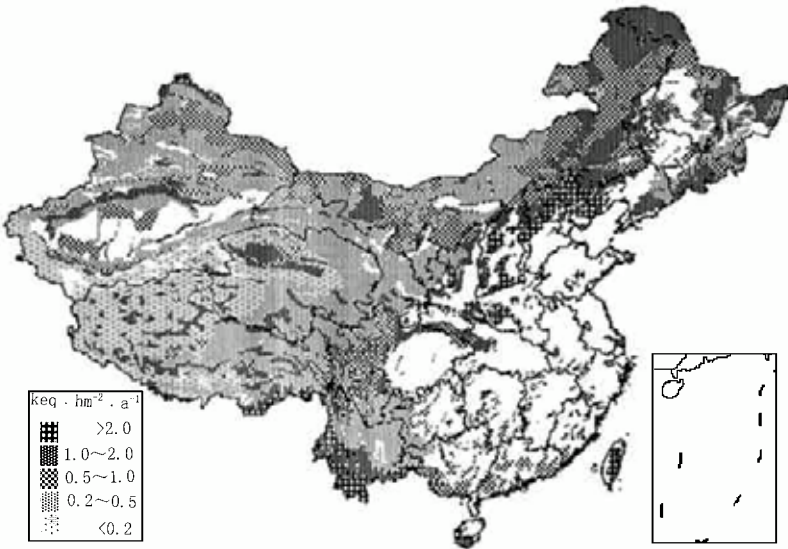


图 3 中国植被对盐基阳离子的吸收速率分布
Fig.3 Vegetation uptake of base cation in China

造成显著的土壤酸度增加(甚至碱度增加),但在东北的大兴安岭北端(兴安落叶松林)、小兴安岭(落叶阔叶树-红松混交林)和长白山(落叶栎林)、台湾东部、海南西南部 and 云南南部(雨林和季雨林)、青藏高原东部(常绿针叶林),以及秦岭-大巴山(落叶栎林)和阿尔泰山(西部落叶松林)等少数地区,植物吸收造成的土壤酸度输入不容忽视($> 0.5 \text{ keq} \cdot (\text{h m}^2 \cdot \text{a})^{-1}$)。对比一些地区的土壤风化速率、酸沉降速率和由于植被吸收造成的酸度输入(如表 3 所示)可知,在这些地区,由于植被吸收造成的土壤酸度输入已经大于或相当于目前的酸沉降水平,而且两者之和也超过了土壤的风化速率,这些地区正面

临(或即将面临)土壤的酸化问题。

3 不确定性讨论

本研究基于中国植被的净初级生产力和元素化学组成确定了中国植被对氮和盐基阳离子的吸收速率以及由于植被吸收造成的土壤酸度输入。但由于数据有限,本研究只能获得每种植被类型大致的平均吸收速率,而无法反映同种植被类型在性质上存在的地区差异。

注意到植被对盐基阳离子的吸收过程也是土壤重要的酸度来源,而人类的土地利用方式直接影响植被的吸收速率。对于森林生态系统来说,本研究确定的植被吸收速率其实是在保证森林的可持续利用(砍伐量不大于生长量)前

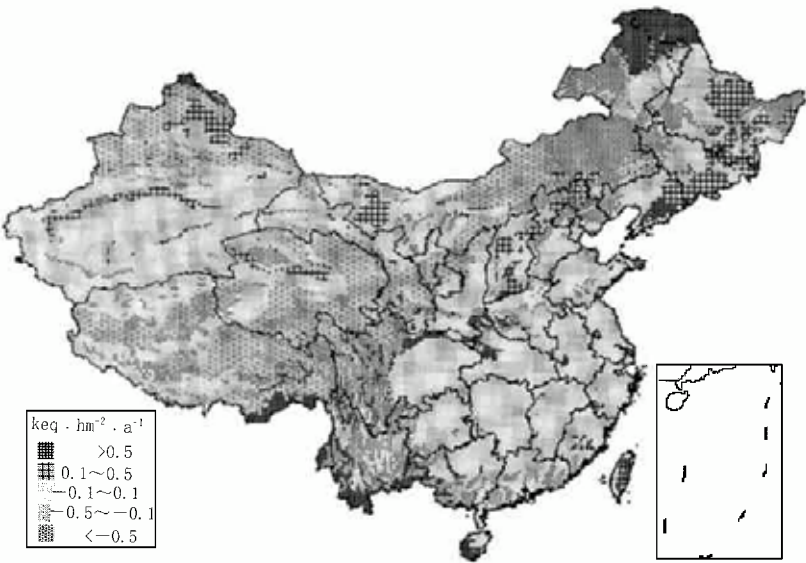


图 4 中国植被吸收引起的土壤酸度增加 (负值表示碱度增加)

Fig. 4 Acidity input caused by vegetation uptake in China (Negative means alkalinity)

前提下,土壤所损失的最大营养元素量,而实际的损失量应当根据砍伐量(而不是生产量)来确定,其结果直接为林业活动所决定.当然也不能排除由于采取更加频繁的砍伐和种植,从而增加植被吸收速率的可能.对于草地,由于不可能完全被利用,因此本文求得的植被吸收速率是土壤可能损失的最大氮量和盐基阳离子量.

表 3 中国一些地区的土壤酸度输入/keq·(hm²·a)⁻¹

Table 3 Acidity input of some ecosystem in China

生态系统	所在地	土壤风化	酸沉降	植被吸
		速率 ^[8]	量 ¹⁾	收酸度
落叶松林	大兴安岭	0.1	0.2	1.3
落叶红松林	小兴安岭	0.2	0.3	0.3
辽东栎林	长白山	0.3	0.4	1.1
栓皮栎林	大巴山	0.4	0.6	1.2
冷杉、云杉林	横断山脉	0.5	0.5	0.8
雨林	海南岛	0.3	0.3	0.8
虎榛子灌丛	太行山	0.6	0.2	0.6

1) 根据降水量和降水化学组成估算*

综上所述,我国某些地区的当前植被吸收速率已经超过了土壤可能产生的盐基阳离子量,从而造成土壤中盐基阳离子含量逐渐下降.在这种情况下,由于植物生理的限制,当盐基阳离子浓度低于一定值 $[X]_{min}$ 时,不能为植物吸收,这意味着今后的吸收速率将下降为:

$$BU_U = BC_D + BC_W - Q \cdot [BC]_{min} \quad (2)$$

根据国外研究,式中 $[BC]_{min}$ 的值通常在 0.002 ~ 0.015eq/ m³ 范围之内** .但是,考虑到植被的生长不仅受到营养的限制,还受到其它约束条件(比如温度、水和阳光)的影响,因此实际的植被吸收速率应更低.

参考文献:

1 Sverdrup H, Warfving P. The Role of Weathering and Forestry in Determining the Acidity of Lakes in Sweden. Water, Air and Soil Pollution, 1990, 52: 71 ~ 78.

2 冯宗炜,王效科,吴刚. 中国森林生态系统的生物量和生产力. 北京: 科学出版社, 1999. 51 ~ 198.

3 廖国藩,贾幼陵主编. 中国草地资源. 北京: 中国科学技术出版社, 1996. 175 ~ 328.

4 陈灵芝,黄建辉,严昌荣. 中国森林生态系统养分循环. 北京: 气象出版社, 1997. 31 ~ 117.

5 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. 1 ~ 418.

6 吴征镒(主编). 中国植被. 北京: 科学出版社, 1980. 143 ~ 748.

7 侯学煜. 中国自然地理, 植被地理(下册): 中国植被地理. 北京: 科学出版社, 1988. 22 ~ 51.

* 王文兴. 我国酸雨时空分布的研究. 国家“八五”科技攻关项目报告(85-912-01-04), 1995, 92.

** Posch M, de Smet P A M, Hettelingh J P et al. (eds.). Calculation and Mapping of Critical Loads Thresholds in Europe. Coordination Center for Effects, RIVM Report, the Netherlands, 1995, 37.