

森林凋落物对土壤酸化缓冲作用的初步研究

汪 思 龙 陈 楚 莹

(中国科学院沈阳应用生态所, 沈阳 110015)

摘要 阔叶树木荷凋落物的灰分元素含量以及分解速率大大高于针叶树杉木凋落物。相比之下, 木荷凋落物具有较高的缓冲酸化的潜在能力。覆盖木荷凋落物的土壤, 其下渗液盐基含量和 pH 值与对照相比显著较高, 而土壤本身的盐基饱和度和有机质含量也显著较高, 土壤酸度和 Al/Ca 显著较低, 即木荷凋落物对土壤酸化有较高的缓冲能力, 而杉木凋落物则不然。

关键词 木荷、杉木、凋落物、土壤酸化、缓冲能力。

森林凋落物在森林对土壤的影响中起着主导作用。凋落物的类型、化学组成、矿质化速率以及腐殖化条件在某种程度上制约着森林土壤的主要化学性质(包括酸碱反应或酸化状况)。有关凋落物组分、凋落物分解过程和速率等方面的研究, 国内外报道很多^[1-5]。然而, 有关凋落物对土壤酸化缓冲作用等方面的研究报道却很少。当前, 由于工业污染和系统内部质子循环的紊乱所导致的土壤酸化, 已经成为森林生态系统生产力的一个主要限制因素, 可见, 凋落物对土壤酸化缓冲作用的研究是相当重要和必要的。本文旨在从森林生态学和污染生态学角度, 探讨针叶凋落物和阔叶凋落物对土壤酸化的缓冲作用。

一、试验材料和方法

针叶树杉木 (*Cunninghamia lanceolata*) 和阔叶树木荷 (*Schima superba*) 是为本项试验的两个主要树种, 其凋落物于 1990 年 2 月从中国科学院会同森林生态实验站试验林中收集, 供试土壤为红黄壤。

1. 模拟酸雨的配制

先配制 8:1 的硫酸和硝酸母液, 然后用母液配制所需 pH 值的酸液 (pH 4.5、3.0 和 2.0)。

2. 凋落物的分解

称取 30g 两种凋落物风干样品各 25 份, 装

入尼龙网袋 (30 × 30cm²) 中, 缝好袋口, 然后按表 1 布置分解试验。

表 1 分解试验各处理重复数

观测时间	处理 树种	pH2.0	pH3.0	pH4.5	对照	林下自然状态
5月27—	杉木	5	5	5	5	5
11月27	木荷	5	5	5	5	5

3. 土壤预处理

取当地杉木林内红黄壤均分成三组, 分别放入清水、pH 1.0 和 pH 2.0 的酸液中浸泡 4 小时, 使三组土壤 pH 值分别为 4.47、4.13 和 3.45 (以下依次称之为 CKS、1PS 和 2PS), 风干后过 1mm 筛, 供作淋溶试验。

4. 凋落物缓冲土壤酸化的淋溶试验

用上述预处理过的 pH 值不同的 3 种土壤和 4 种不同 pH 值的模拟降水以及凋落物等 3 个因素安排两个正交试验, 两个正交试验的各因子水平组合如表 2 所示。按照表 2 中各因子水平组合在自制渗漏测定计中布置淋溶试验。称取上述风干过筛的土壤 2500g, 装入渗漏测定计内, 使其在底部形成高 5cm, 直径 20 cm 的土柱; 然后称取风干凋落物 100g 均匀覆

* 本研究为国家“七五”科技攻关项目, 国家基金课题。
收稿日期: 1991 年 10 月 7 日

盖在相应的土柱上表面。试验开始后,每天用模拟酸雨喷洒土壤或凋落物 5 次,每次 500ml,持续 15 天,相当于 1200mm 的雨量。每天监测下渗液 pH 值变化,最后收集下渗液,凋落物和土壤,分析盐基或其它元素的含量。

表 2 模拟酸雨淋溶凋落物覆盖土壤试验的各因子水平表 [L24(3×4×2)]

因子 水平	土壤 (A)	酸雨 (B)	凋落物 (C)
1	CKS	CK	0
2	1PS	4.5	100g
3	2PS	3.0	
4		2.0	

5. 室内测试分析

(1) 下渗液盐基离子的含量 钙、镁采用 EDTA 络合滴定法,钾、钠采用火焰光度法测定^[6];

(2) 土壤 pH 值和土壤水解性总酸度 采用常规分析方法^[6]

(3) 土壤交换性钙、镁、铝以及凋落物中钙、镁、钠和铝在 100 型 Plasma 等离子体上测定,而交换性钾、钠和凋落物中钾含量在原子吸收分光光度计上测定;

(4) 土壤有机质,用日本产 LECO-CR12 型定碳仪测定。

二、结果与讨论

(一) 杉木和木荷凋落物的灰分元素含量
从表 3 可以看出,木荷凋落物除了镁元素之外,其它灰分元素含量都大大高于杉木凋落物,尤其是钙和钾的含量,前者远远超过后者,就盐基 (K、Na、Ca、Mg) 而言,每 100g 干物质当中,木荷凋落物所含盐基毫克当量数是杉木凋落物的 2 倍。可见,阔叶树木荷凋落物比杉木凋落物对酸的缓冲有较高的潜在能力。

表 3 杉木和木荷凋落物灰分元素含量比较(%)

树种	Ca	Mg	K	Na	Mn	Fe	P	Cu (ppm)	Bases (meq/100g)
杉木	0.243	0.242	0.029	0.002	0.186	0.070	0.034	4.256	32.84
木荷	0.797	0.215	0.285	0.004	0.274	0.080	0.048	5.132	64.93

(二) 杉木和木荷凋落物分解速率

自然状态下,木荷凋落物的分解速率几乎是杉木凋落物的 2 倍,在弱酸或非酸性模拟降水处理当中,仍然保持这个趋势,而经过强酸性模拟降水处理之后,这个差距开始缩小(见图

1),然而总是木荷凋落物分解比杉木凋落物快。凋落物分解速度快,意味着在单位时间里有更多的盐基离子或其它灰分元素以及有机物质等补充到土壤中去,这对提高土壤的缓冲性能和缓解土壤酸化有着很重要的作用。

从图 1 中还可发现木荷凋落物分解速率对酸处理较敏感;杉木凋落物则不然,这是由这两种凋落物各自的特点所决定的。

(三) 凋落物对土壤酸化的缓冲作用

1. 凋落物对土壤淋溶下渗液的影响

覆盖杉木凋落物的土壤与对照相比,其下渗液盐基含量稍高 ($\alpha = 0.25$); 相比之下,覆盖木荷凋落物,土壤下渗液的盐基含量显著高于对照 ($\alpha = 0.01$),可见,木荷凋落物经过模拟酸雨淋溶之后,有更多的盐基进入土壤和下

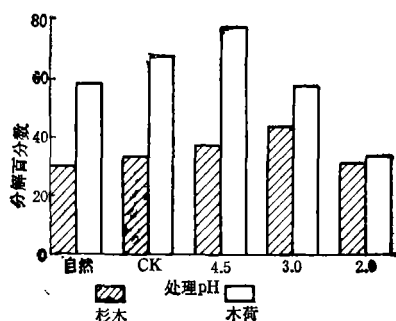


图 1 杉木、木荷凋落物分解速率的比较

渗液当中。另外,土壤覆盖杉木凋落物,其下渗液 pH 值与对照相比无显著差异;而土壤覆盖木荷凋落物,其下渗液 pH 值稍有提高 ($\alpha =$

0.25)。酸雨透过木荷凋落物,然后淋溶土壤,其下渗液酸度下降。某种程度上说明,木荷凋落物对土壤酸化有一定的缓冲作用(见表 4, 5)。

表 4 模拟酸雨和杉木凋落物对土壤淋溶下渗液 pH 和盐基含量的影响

土 壤	模拟酸雨	凋 落 物	pH	Ca	Mg	K	Na	盐基总量
			(meq/L)					
CKS (4.47)	CK	0	6.6	0.50	0.04	0.14	0.29	0.97
		+	6.2	0.33	0.16	0.01	0.32	0.82
	4.5	0	5.4	0.65	0.11	0.08	0.19	1.02
		+	5.5	0.57	0.29	0.04	0.22	1.11
	3.0	0	3.9	1.00	0.23	0.08	0.26	1.57
		+	4.6	0.85	0.50	0.04	0.22	1.61
	2.0	0	3.0	1.28	0.48	0.13	0.23	2.13
		+	2.8	2.12	0.97	0.20	0.26	3.54
(1PS) (4.13)	CK	0	5.8	0.31	0.05	0.08	0.28	0.73
		+	6.6	0.41	0.11	0.11	0.19	0.81
	4.5	0	4.1	0.35	0.17	0.08	0.20	0.80
		+	3.9	0.24	0.20	0.03	0.17	0.64
	3.0	0	3.8	0.60	0.24	0.04	0.21	1.09
		+	3.6	0.49	0.35	0.05	0.26	1.15
	2.0	0	2.8	0.59	0.17	0.17	0.21	1.15
		+	2.6	0.93	0.49	0.16	0.17	1.75
2PS (3.45)	CK	0	3.8	0.17	0.10	0.01	0.21	0.49
		+	3.8	0.15	0.11	0.01	0.16	0.44
	4.5	0	3.7	0.46	0.13	0.05	0.19	0.82
		+	3.8	0.43	0.24	0.15	0.20	1.02
	3.0	0	3.4	0.51	0.16	0.09	0.24	1.00
		+	3.5	0.64	0.27	0.05	0.21	1.17
	2.0	0	2.9	0.55	0.18	0.08	0.18	0.98
		+	2.3	0.85	0.57	0.17	0.19	1.77

“0”代表土壤不覆盖凋落物“+”代表土壤覆盖凋落物,以下同。

2. 凋落物缓冲酸雨对土壤的酸化

土壤承受酸雨达到一定剂量时,将导致土壤的酸化,引起养分的淋失,有毒元素如铝的释放等^[7]。然而当凋落物介入酸雨和土壤之间这种关系之后,情形又怎样呢?

(1) 凋落物对土壤酸度的影响 从表 6, 7 可以看出,随着模拟酸雨 pH 值下降,土壤 pH 值随之下降,土壤水解性总酸度升高,而当土壤覆盖木荷凋落物之后,土壤 pH 值比对照有显著提高,水解性总酸度显著低于对照 ($\alpha = 0.01$);然而,覆盖杉木凋落物对土壤的 pH 值和水解性总酸度都没有显著影响。由此可见,从土壤

pH 值和土壤水解性总酸度这两个酸度指标来看,木荷凋落物降低了土壤的酸度,杉木凋落物则不然。

(2) 凋落物对土壤有机质含量的影响,土壤覆盖杉木凋落物之后,其有机质含量相比对照稍有提高 ($\alpha = 0.1$),而土壤覆盖木荷凋落物,其有机质含量相比对照增加显著 ($\alpha = 0.01$, 见表 8, 9)。有机质含量的增加意味着土壤阳离子交换量增加,因为有机质特别是腐殖质中的酸性基团 ($-\text{COOH}$) 提供了大量的阳离子交换点位^[8],因而提高了土壤对酸化的缓冲能力;大量材料表明,土壤缓冲性能的大小与有机

表 5 模拟酸雨和木荷凋落物对土壤淋溶下渗液 pH 和盐基含量的影响

土 壤	模拟酸雨	凋 落 物	pH	Ca	Mg	K	Na	盐基总量
			(meq/L)					
CKS (4.47)	CK	0	6.6	0.50	0.04	0.14	0.29	0.97
		+	6.6	0.42	0.32	0.32	0.14	1.20
	4.5	0	4.1	0.37	0.14	0.01	0.13	0.65
		+	4.5	0.32	0.39	0.10	0.20	1.00
	3.0	0	3.5	0.43	0.18	0.03	0.15	0.78
		+	5.2	0.59	0.16	0.08	0.18	1.00
	2.0	0	2.4	0.47	0.19	0.04	0.16	0.85
		+	2.8	0.75	0.83	0.36	0.19	2.12
(1PS) (4.13)	CK	0	4.8	0.31	0.05	0.08	0.28	0.73
		+	5.3	0.22	0.05	0.22	0.30	0.79
	4.5	0	3.7	0.25	0.08	0.02	0.19	0.58
		+	4.3	0.34	0.41	0.15	0.15	1.05
	3.0	0	3.3	0.04	0.25	0.03	0.19	0.54
		+	3.9	0.29	0.49	0.24	0.14	1.17
	2.0	0	2.4	0.47	0.14	0.05	0.18	0.83
		+	2.7	0.73	1.03	0.33	0.17	2.25
2PS (3.45)	CK	0	3.8	0.17	0.10	0.01	0.21	0.49
		+	4.3	0.11	0.02	0.04	0.26	0.44
	4.5	0	3.1	0.33	0.15	0.01	0.15	0.64
		+	4.1	0.22	0.30	0.14	0.18	0.84
	3.0	0	3.2	0.41	0.12	0.02	0.19	0.75
		+	3.5	0.26	0.31	0.16	0.16	0.89
	2.0	0	2.4	0.46	0.16	0.04	0.23	0.88
		+	2.7	0.78	1.12	0.37	0.24	2.51

表 6 模拟酸雨和杉木凋落物对土壤酸度的影响

模拟酸雨	凋 落 物	CKS(4.47) pH 水解性总酸度 (H ₂ O)(KCl)			1PS(4.13) pH 水解性总酸度 (H ₂ O)(KCl)			2PS(3.45)* pH 水解性总酸度 (H ₂ O)(KCl)		
CK	0	5.19	3.90	10.86	4.66	3.67	11.52	4.17	3.38	12.03
	+	5.31	3.97	10.11	4.66	3.61	11.19	4.24	3.38	11.72
4.5	0	5.03	3.85	11.25	4.40	3.61	12.46	3.89	3.30	12.46
	+	5.13	3.88	10.69	4.53	3.63	11.89	3.83	3.31	12.53
3.0	0	4.84	3.79	11.28	4.23	3.53	12.10	3.78	3.26	13.35
	+	4.81	3.76	10.88	4.37	3.58	11.52	3.87	2.27	13.25
2.0	0	3.36	3.07	16.12	3.45	3.18	13.87	3.07	2.73	14.05
	+	3.47	3.15	15.39	3.41	3.07	13.58	3.41	3.06	13.63

括号内数字为试验处理之前土壤水浸 pH

质含量的多少相关^[9]。

从上述结果来看，木荷凋落物能够通过增加土壤有机质含量提高土壤的缓冲性能。而杉木凋落物则次之。

(3) 凋落物对土壤盐基饱和度的影响，盐

基饱和度是与土壤酸度有关的主要化学性质之一^[10]。一般来说，盐基饱和度大的土壤，缓冲酸的能力大^[9]。从表 10 和 11 中可以看出，接受模拟酸雨处理的土壤，其盐基饱和度随着酸雨 pH 值的下降而降低。然而土壤覆盖木荷凋落

表 7 模拟酸雨和木荷凋落物对土壤酸度的影响

模拟酸雨	凋落物	CKS(4.47) pH 水解性总酸度 (H ₂ O)(KCl)			1PS(4.13) pH 水解性总酸度 (H ₂ O)(KCl)			2PS(3.45) pH 水解性总酸度 (H ₂ O)(KCl)		
CK	0	5.11	3.77	12.53	5.05	3.72	12.43	4.60	3.48	12.53
	+	5.41	4.05	11.61	5.24	4.03	12.22	5.12	3.78	12.46
4.5	0	4.75	3.69	12.62	4.52	2.61	14.81	3.95	3.31	13.16
	+	4.89	3.82	11.33	4.88	3.75	12.22	4.49	3.46	11.52
3.0	0	4.53	3.61	11.33	4.45	3.50	12.41	3.86	3.25	12.81
	+	4.88	3.69	10.93	4.58	3.59	12.08	4.19	3.37	12.22
2.0	0	3.51	3.20	13.44	3.45	3.13	13.51	3.16	2.84	13.80
	+	3.64	3.25	13.07	3.70	3.31	13.16	3.46	3.07	13.56

表 8 模拟酸雨和杉木凋落物对土壤有机质的影响(%)

模拟酸雨	凋落物	CKS(4.47)	1PS(4.13)	2PS(3.45)
CK	0	2.27	2.49	2.43
	+	2.33	2.54	2.51
4.5	0	2.26	2.38	2.38
	+	2.53	2.45	2.39
3.0	0	2.45	2.59	2.26
	+	2.59	2.58	2.46
2.0	0	2.55	2.46	2.57
	+	2.54	2.49	2.59

表 9 模拟酸雨和木荷凋落物对土壤有机质的影响(%)

模拟酸雨	凋落物	CKS(4.47)	1PS(4.13)	2PS(3.45)
CK	0	2.40	2.22	2.37
	+	2.59	2.43	2.56
4.5	0	2.39	2.33	2.59
	+	2.97	2.49	2.66
3.0	0	2.49	2.36	2.36
	+	2.56	2.40	2.49
2.0	0	2.24	2.43	2.34
	+	2.65	2.27	2.32

表 10 模拟酸雨和杉木凋落物对土壤盐基饱和度的影响

土壤	模拟酸雨	凋落物	盐基阳离子 总量 (meq/100g土)		盐基饱和 度 (%)
CKS (4.47)	CK	0	1.45	12.80	11.33
		+	1.89	12.48	15.14
		0	1.35	13.08	10.32
		+	2.69	13.88	19.38
	3.0	0	0.86	12.63	6.81
		+	0.78	12.15	6.42
		0	0.36	15.24	2.34
		+	0.55	14.72	3.71
1PS (4.13)	CK	0	1.07	12.59	8.53
		+	1.11	12.30	6.02
		0	1.00	13.45	7.42
		+	1.12	13.01	8.63
	3.0	0	0.69	12.79	5.38
		+	1.16	12.68	9.16
		0	0.20	14.06	1.42
		+	0.13	13.72	0.98
2PS (3.45)	CK	0	1.15	13.18	8.69
		+	1.01	12.73	7.95
		0	0.53	12.98	4.07
		+	0.62	13.14	4.70
	3.0	0	0.56	13.90	4.00
		+	0.59	13.84	4.27
		0	0.18	14.23	1.24
		+	0.33	13.96	2.36

物,其盐基饱和度相比对照显著提高,平均高出70%;相比之下,杉木凋落物对土壤盐基饱和度无显著影响,可见盐基含量高的木荷凋落物比杉木凋落物更能补充土壤中的盐基,提高土壤的盐基饱和度。

(4) 凋落物对土壤 Al/Ca 的影响 土壤 Al/Ca 的比率决定了土壤中根系生长的活性,它是森林土壤酸化的一个重要参数^[11]。土壤承

受模拟酸雨的酸度越高,土壤的酸化程度越强烈,Al/Ca 就越高($\alpha = 0.01$),但覆盖凋落物,土壤 Al/Ca 在一定程度上有所降低,尤其覆盖木荷凋落物之后,Al/Ca 显著低于对照;而土壤覆盖杉木凋落物,这种效果则不显著(见表 12,

表 11 模拟酸雨和木荷凋落物对土壤盐基饱和度影响

土壤	模拟酸雨	凋落物	盐基总量 (meq/100g土)	阳离子总量	盐基饱和度 (%)
CKS (4.47)	CK	0	1.60	14.13	11.32
		+	2.68	14.29	18.76
	4.5	0	1.71	14.33	11.92
		+	2.35	13.68	17.20
	3.0	0	1.04	12.37	8.44
		+	1.61	12.54	12.86
	2.0	0	0.44	13.88	3.17
		+	0.48	13.55	3.53
	1PS (4.13)	0	0.95	13.38	7.10
		+	2.65	14.87	17.83
		0	1.00	15.80	6.32
		+	1.25	13.47	9.31
		0	0.97	13.37	7.32
		+	1.44	13.52	10.67
2PS (3.45)	CK	0	1.19	13.71	8.64
		+	2.58	15.04	17.17
	4.5	0	0.54	13.70	3.97
		+	0.99	12.50	7.88
	3.0	0	0.62	13.42	4.58
		+	1.10	13.32	8.27
	2.0	0	0.37	14.17	2.62
		+	0.37	13.93	2.69

表 12 模拟酸雨和杉木凋落物对土壤铝/钙比的影响

模拟酸雨	凋落物	CKS(4.47)	1PS(4.13)	2PS(3.45)
CK	0	0.09	0.57	0.57
	+	0.08	0.67	0.72
4.5	0	0.06	1.17	1.73
	+	0.44	0.60	3.35
3.0	0	0.19	1.04	1.04
	+	0.17	0.46	1.44
2.0	0	5.23	20.09	4.72
	+	1.18	14.70	3.41

13)。

上述结果充分证明,木荷凋落物不仅降低土壤的酸化程度,缓解了土壤的酸化,而且通过增加有机质和提高盐基饱和度大大提高了土壤的缓冲性能。

表 13 模拟酸雨和木荷凋落物对土壤铝/钙比的影响

模拟酸雨	凋落物	CKS(4.47)	1PS(4.13)	2PS(3.45)
CK	0	0.30	0.62	0.73
	+	0.01	0.13	0.17
4.5	0	0.25	0.47	1.62
	+	0.11	0.01	0.62
3.0	0	0.41	0.52	1.18
	+	0.38	0.36	0.59
2.0	0	1.61	3.81	3.25
	+	3.63	3.19	3.22

三、结 语

1. 木荷凋落物的灰分元素含量高于杉木凋落物,尤其是盐基含量前者高于后者,前者具有较高的缓冲酸化的潜在能力。

2. 木荷凋落物在自然状态下分解速率是杉木凋落物的 2 倍,接受模拟酸雨处理的木荷凋落物分解仍然比杉木凋落物要快;因而在相同时间和条件下,木荷凋落物比杉木凋落物向土壤中补充更多的盐基离子和增加土壤有机质,提高土壤的缓冲性能。

3. 土壤覆盖木荷凋落物之后,其淋溶下渗液盐基含量和 pH 值显著升高,而覆盖杉木凋落物则不然,可见,木荷凋落物相比杉木凋落物是减缓土壤酸化的一个更好的屏障。

4. 土壤覆盖木荷凋落物相比无覆盖的土壤其酸度和 Al/Ca 显著下降,而盐基饱和度以及有机质含量显著提高,显然,木荷凋落物对土壤酸化有较强的缓冲能力,而杉木凋落物则要逊色得多。

致谢 高洪同志参加了部分野外和室内测定工作,特此致谢。

参 考 文 献

- 1 李景文等,植物生态学与地植物学学报. 1989,13(1): 42
- 2 胡肄慧,陈灵芝等,植物生态学与地植物学学报. 1987,11(2): 124
- 3 胡肄慧,陈灵芝等,植物学报. 1986,23(1): 102
- 4 Spain A V and LE Feuvre R P. *Journal of Applied Ecology*, 1987, 24: 279
- 5 O'connell A M. *Forest Ecology and Management*. 1988, 24: 113

(下转第 5 页)

表 5 中国(天津)与美国湿地工艺设计方法的比较

地号 项目 国名	二		三		四		五	
	平均相 对误差 (%)	标准差 (%)	平均相 对误差 (%)	标准差 (%)	平均相 对误差 (%)	标准差 (%)	平均相 对误差 (%)	标准差 (%)
美 国	22.76	19.56	9.73	11.33	3.53	6.92	15.02	16.08
中国(天津)	13.86	14.57	6.47	10.33	0.35	6.69	3.86	9.99

七、适用条件

本文所建立的工艺设计方法(9)式适用条件为:进水 $BOD_5 \leq 200\text{mg/L}$, 水力负荷 $2.4\text{—}5.8\text{cm/d}$, 出水温度 $\geq 0.5^\circ\text{C}$, 场地表面经过较严格的平整, 具有比较理想的推流条件的自由水面湿地。不适用于场地表面未经平整的、高程差较大的天然湿地系统。

由于天然湿地没有统一的场地条件, 天然状态各异, 不可能具有规范化的工艺设计方法。笔者针对平均水深 $30\text{—}80\text{cm}$, 植物密度和生长状况不很均匀, 只有简单的布水集水设施和少量堵截工程的天津天然湿地的工艺设计进行了研究。摸索出以停留时间和表面有机污染负荷为依据的经验公式:

$$A_s = \frac{t \cdot Q}{n \cdot d} \quad (11)$$

$$A_s = Q \cdot c_0 / 1000 / A$$

式中, A_s : 所需的土地面积 (ha);

t : 水力停留时间 ($t = 10\text{—}15\text{d}$)

n : 系统孔隙度;

d : 水深 (m);

Q : 污水处理量 (m^3/d);

c_0 进水 BOD 浓度 (mg/L);

A : 有机负荷临界值。

根据实验结果, 采用 $A = 60$

上述方法是在二年运行结果的基础上总结的经验公式。为天然水面湿地工艺设计提供了成功的可借鉴的科学依据。

八、小 结

美国水面型湿地工艺设计方法是在土地漫流工艺设计方法的基础上建立的。它比漫流设计方法在两方面有所突破。一是 BOD 降解速率不是常数而是温度的函数; 二是增加了表示生物降解作用的因子——生物体附着生长所需介质的比表面积 (A_s)。以此来体现不同场地本底生物作用的强弱。较好地体现出湿地系统中 BOD 的净化规律。

本文所提出的方法是在美国湿地设计方法的基础上建立的。它以土壤生物活性取代生物体附着生长所需介质的比表面积 (A_s)。在体现处理场地本底的生物降解作用方面较美国湿地设计方法更直观、准确且易于测定。较恰当地反映出系统中 BOD 净化的内在规律。在理论上是合理的, 经实践的检验是可行的。模型精度优于美国湿地工艺设计方法。

参 考 文 献

- 1 Sherwood C. *Natural System for Waste Management and Treatment*. New York: Mc Graw-Hill Book Company, 1988: 174—178
- 2 S.C. 里德等著. 工业和城镇污水土地处理系统. 北京: 中国环境科学出版社, 1989: 260—265

(上接第 30 页)

- 6 中国科学院南京土壤所. 土壤理化分析. 上海: 上海科技出版社, 1978: 72—136
- 7 Hutchinson T C and K M Meema. *Effects of Atmospheric Pollutants on Forests in Westland and Agriculture Systems*(NATO ASI Series, Vol. 16). Berlin: Springer-Verlag, 1987: 321—401
- 8 Waring R H and Schlesinger W H. *Forest Ecosys-*

tems Concepts and management, INC. orlando, Florida: 32887, ACADEMIC Press, 1988: 191

- 9 北京林学院、土壤学(上册). 北京: 中国林业出版社, 1982: 211
- 10 于天仁, 张效年. 中国土壤酸化问题, 酸雨与农业. 北京: 中国林业出版社, 1988: 75

Abstracts

Chinese Journal of Environmental Science

dyeing wastewater, microbial distribution.

Preliminary Studies on the Buffering Effects of Forest Litter on Soil Acidification. Wang Silong, Chen Chuying (Institute of Applied Ecology, Academia Sinica, Shenyang 110015): *Chin. J. Environ. Sci.*, 1992, 13(5), pp. 25—30

The ash element content and decomposition rate of the litter of *S. Superba* were found to be much higher than those of the litter of *C. lanceolata*. Subsequently, it is inferred that the former possesses a higher potential to buffer acidification of the soil compared with the latter. When the soil was covered with litter of *S. superba*, the base cation content and pH-value of leachate down from the litter and soil were evidently higher than the control; the basesaturation percentage and pH-value of the soil itself were also markedly higher, and the acidity and Al/Ca of the soil were far lower than the control. That is, the buffering ability of litter of *S. superba* to soil acidification is very strong, while the litter of *C. lanceolata*, is not.

Key words: *Cunninghamia lanceolata* (Lamb.) hook, *Schima superba* gardn. et champ, litter, buffering ability, soil acidification.

Studies on the Effects of Heavy Metals on the Contents of Nucleic Acids and Activities of Nucleases in the Root Tips of *Vicia faba*. Duan Changqun, Wang Huanxiao, [Qu Zhongxiang] (Biology Department, Yunnan University, Kunming 650091): *Chin. J. Environ. Sci.*, 1992, 13(5), pp. 31—35

Under the treatment of Pb^{2+} , Cd^{2+} , Zn^{2+} ions at low concentrations the contents of DNA (treated with the concentration less than 10.0, 0.50 and 50.0 ppm), and RNA (treated with the concentration less than 10.0, 50.0 and 50.0 ppm) and the activities of DNase (all less than 10.0 ppm) and RNase (less than 20.0, 10.0 and 50.0 ppm) in the root tips of *Vicia faba* L. increased with the increase of the concentrations of metal ions; however, the contents of DNA and RNA and the activities of DNase and RNase decreased when the concentrations of the metal ions were higher than the concentrations stated above. Hg^{2+} did not exert regular effects except that the activities of RNase increased with the treatment concentration of Hg^{2+} below 0.05 ppm, and decreased when the concentration of Hg^{2+} was above 0.05 ppm. The results demonstrate that the effects of heavy metals on nucleic acids metabolism depend on the interaction between the extents of the adaptive response of plant tissues and the toxic action of heavy metal ions. Metal ion characteristics and the tolerant inducible system of different metabolism that might exist in plants, and the effects of protein metabolism on the adaptive actions of plants were also discussed.

Key words: *vicia faba* L., heavy metals, nucleic acids, nucleases, adaptive responses.

Research on Integer Programming Model of Urban Waste Water Reuse System. Wu Limei et al. (Beijing Municipal Research Institute of Environmental Protection, Beijing 100037): *Chin. J. Environ.*

Sci., 1992, 13(5), pp. 36—41

A 0—1 integer programming model for the planning of urban wastewater reuse system were established. The planning of the wastewater collection system, location of the treatment plant and the efficiency of the treatment were formulated. Emphases were put on discussions of how to determine the user of the renovated water, the quantity of the reused water and the scale of additional advanced treatment so as to establish renovated water allocation system. The model was validated to be rational and applicable by examining a wastewater land treatment system.

Key words: urban wastewater reuse, integer programming, water allocation system, wastewater treatment. **A Study on the Characteristics of Phosphate Metabolism of *Pseudomonas* sp.** Zhou Yuexi, Qian Yi, Gu Xiasheng (Department of Environmental Engineering, Tsinghua University, Beijing 100084): *Chin. J. Environ. Sci.*, 13(5), 1992, pp. 42—45

The characteristics of the phosphate metabolism of *Pseudomonas* sp., the predominate genus in the activated sludge mixed liquor from the sequencing biological batch system which effectively removes nitrogen, phosphorus and organic matter, were investigated. Experimental results demonstrate: (1) Under aerobic conditions and with acetates as carbon source, the addition of sulphuric acid causes *Pseudomonas* sp. to release phosphates, and the addition of NaOH and $NaHCO_3$ causes *pseudomonas* sp. to excessively take phosphate. (2) The phosphate uptake capacity of *Pseudomonas* sp. is nearly the same in the aerobic system as in the anaerobic-aerobic system with acetate as carbon source.

Key words: waste water treatment, *pseudomonas* sp., phosphorus.

Study on Comprehensive Treatment of Waste Water from Furfural Production. Chen Yulian et al. (Department of Chemical Engineering, Taiyuan University of Technology, Taiyuan 030024): *Chin. J. Environ. Sci.*, 1992, 13(5), pp. 46—49

During the process of furfural production, waste liquor containing 1—2.5 % acetic acid is discharged. Not only is acetic acid wasted but also the surrounding environment is polluted. In the operation described in this paper, the waste water passes through a 400×1600 mm electrodialyzer equipped with 90—120 pairs of membrane modules, recovering acetic acid with concentrations of 18—20%. The treated waste water contains only 0.02% of acetic acid, and could be safely discharged or reused. Furthermore, an industrial graded acetic acid with purity of 99% could be produced by means of extraction-distillation of the recovered acetic acid solution. Industrialization of the comprehensive technology of electrodialysis-extraction-distillation for the treatment of the waste water from furfural production mentioned here has been achieved.

Key words: waste water treatment, membrane separation, electrodialysis, acetic acid, recovery.

Effect of Sulfate Ion on Anaerobic Biological Treatment of Waste water. Liu Yan (Department of