

[9] Klein J., et al., *ACS Symp. Ser.*, No. 106, p. 101--118(1979).

[10] 黄武华等,环境科学学报,2(4),293(1982).

(收稿日期: 1989年4月1日)

# 可控光降解聚乙烯薄膜的微生物降解\*

李凤珍 郑鸿元 刘增柱 张淑贤 卢耀波 刘瑞君

(中国科学院沈阳应用生态研究所)

**摘要** 本文通过微生物接种试验及土壤埋膜试验,证明高分子量的聚乙烯薄膜抗微生物降解;聚乙烯光解膜经光降解后,分子量低于4000—4500时,残膜碎片能被土壤微生物降解,不同土壤具有不同降解能力。聚乙烯薄膜的光降解残膜不抑制土壤氧化代谢能力和土壤酶活性。

地膜覆盖栽培技术是提高农作物产量的一项有效措施。目前,国内使用的地膜是以高压聚乙烯为原料,经高压吹塑而成,这种塑料薄膜是人工合成的高分子聚合物,是非天然化合物,难于被微生物利用或降解。利用此种薄膜作覆盖材料,经一个农业生产季节使用后,遗留下来的残膜,难于用一般的方法彻底清除,在田间成为一种固体废弃物,在环境中长期保留下来,它不但污染环境,而且影响后茬作物的耕作及生长发育。同时裂解的碎片存在于土壤中也会阻碍根系的正常生长,给农业生产带来了一系列的问题。如不予解决,必然影响地膜覆盖栽培这一有效增产措施的推广和应用。为此,国内外学者对于发展一种生物可降解的塑料薄膜极为关注<sup>[1,2]</sup>。

早在六十年代中后期,一些工业发达国家根据高分子材料光老化的现象,先后提出了开展可控光分解塑料的研究<sup>[1,2,3]</sup>。M. Reich 和 R. Barthe<sup>[4]</sup>报道了土壤微生物对光极为敏感的聚丁烯塑料的可同化作用。国内,中科院长春应用化学研究所,制成了可控光降解聚乙烯塑料薄膜,经许多省、市使用,它能快速发生光化学反应降解直至裂解成为小碎片\*\*。本研究企图阐明,长春应化所研制的,可控光降解聚乙烯薄膜经光降解后,进一

步被土壤微生物降解的可能性及其条件,以及从微生物数量和生化活性的变化来探讨残膜对土壤的影响,为推广应用环境可同化的地膜提供科学依据。

## 一、材料与方法

### (一) 供试材料

1. 可控光降解聚乙烯膜(以下简称为光降解膜)由中科院长春应用化学研究所提供。

试验采用450W高压汞灯作为模拟光源,控制光照时间(56—96h),制得具有不同分子量的残膜碎片。分子量用粘度法测定。

2. 土壤 大田试验采用三种土壤:黑土(采自黑龙江哈尔滨),棉花地土壤(采自辽宁省辽阳),花生地土壤(采自山东省莱西)。

3. 供试微生物 真菌选用黑曲霉3株,黄曲霉4株,土曲霉4株,烟曲霉3株,金色土曲霉4株,杂色曲霉1株,弯孢霉1株,拟青霉1株,阿达青霉1株,草酸青霉1株,镰刀霉1株,漆斑霉2株,木霉1株,未定名菌2株。这些菌株分别从莱西花生复膜地和

\* 参加本项研究工作的还有张德生、郑莲莲、李琦、姚志红。

\*\* 中国科学院长春应用化学研究所,可控光分解塑料地膜的研制工作总结(中试鉴定材料),内部资料,(1985)。

辽阳棉花复膜地分离得到, 另一些为本所保藏菌株。芽孢杆菌, 选用枯草芽孢杆菌, 坚强芽孢杆菌, 巨大芽孢杆菌, 短小芽孢杆菌, 蕈状芽孢杆菌, 短芽孢杆菌, 多粘芽孢杆菌, 幼虫芽孢杆菌, 深黑芽孢杆菌, 蜂房芽孢杆菌, 球形芽孢杆菌, 嗜热芽孢杆菌, 肠膜芽孢杆菌, 侧孢芽孢杆菌, 苏云金芽孢杆菌, 凝结芽孢杆菌, 尘埃芽孢杆菌共 17 株, 未定名的 12 株。

## 二、实验方法

1. 土壤埋膜试验 称取经高压汞灯照射、获得不同分子量的聚乙烯光解膜碎片 100mg, 与 200g 供试土壤混合均匀, 装入 500ml 广口瓶中, 土壤上放置一小烧杯内盛 10ml 2Mol NaOH, 用橡皮塞塞紧瓶口, 30℃ 恒温 21d, 取小烧杯中一定量碱液, 用 0.1Mol HCl 滴定, 根据 0.1Mol HCl 耗量计算出释放的 CO<sub>2</sub>-C 量, 以表示土壤的降解强度。

2. 微生物生长试验 取不同分子量的聚乙烯光解膜碎片, 平铺于营养琼脂(无碳源)的平板上, 分别接种供试微生物菌种, 置于盛有少量水的干燥器中, 30℃ 培养, 定期观察微生物生长情况。

3. 微生物降解能力试验 将能在聚乙烯光解膜碎片土壤上生长的真菌或芽孢杆菌, 移接于盛有以不同分子量的聚乙烯光解膜(每试管加 10mg) 为唯一碳源的液体培养基的大试管中, 塞紧, 用蜡密封, 30℃ 振荡培养, 每隔 21d 取气样, 在气相色谱上测定 CO<sub>2</sub>-C 量, 以示微生物降解能力。

4. 降解残膜对土壤微生物活动的影响 以埋有聚乙烯光解膜的土壤(培养 60d 和 148d 后)为材料, 按常规分析方法测定真菌, 细菌数量及土壤氧化代谢葡萄糖、丙酮酸和连苯三酚能力的变化。

## 三、结果与讨论

(一) 土壤对不同分子量的聚乙烯光解

膜残体的降解能力

高分子聚乙烯在土壤中的降解过程复杂, 影响因素甚多。关键是分子量大小及其对微生物的抗性(见表 1)。从表 1 结果表明, 不同土壤对不同分子量的聚乙烯光解膜残体的降解能力有所不同。供试的三种土壤对分子量大于 9900 的光降解膜残体的作用很微弱, 甚至不起作用。土壤对分子量低于 4500 以下的降解膜残体具有一定的降解能力, 但不同土壤具有不同的降解能力: 以黑土降解能力最强, 莱西花生地土壤次之, 辽阳棉花地土壤最弱。

表 1 结果还表明, 根据 CO<sub>2</sub>-C 释放量, 如果以聚乙烯中含碳量占 85% 计算, 降解能力最强的黑土的降解率分别为 9.5% ( $\bar{M}_w$ 9900), 70% ( $\bar{M}_w$ 4500), 52.3% ( $\bar{M}_w$ 1400); 降解能力弱的莱西土壤, 分别为 0

表 1 土壤对不同分子量聚乙烯光解膜残体的降解能力 (CO<sub>2</sub>-C mg/60d)

土壤 \ 分子量	9900	4500	1400
黑龙江黑土	8.1(9.5)	59.8(70.2)	44.7(52.3)
莱西花生地土壤	0	17.5(20.5)	1.3(1.5)
辽阳棉花地土壤	0	7.1(8.3)	1.9(2.2)

注: ( ) 内数字为降解率(%)  

$$= \frac{\text{埋膜土壤放出的 CO}_2\text{-C 量} - \text{未埋膜土壤放出的 CO}_2\text{-C 量}}{\text{加入土壤中的膜中所含的 C 量}} \times 100$$

( $\bar{M}_w$ 9900), 20.5% ( $\bar{M}_w$ 4500) 和 1.5% ( $\bar{M}_w$ 1400); 降解能力最弱的辽阳棉花地土壤, 对光降解膜残体的降解率不超过 10%。

从表 2 可见, 埋膜土壤的 CO<sub>2</sub>-C 释放量, 在 60d 前是光降解膜残体降解的高峰期, CO<sub>2</sub>-C 释放的碳量占残膜中可被降解的碳量的 95% 以上。60 天以后, 碳量释放缓慢, 近于停止阶段。这时释放的 CO<sub>2</sub>-C 量, 埋膜土壤与未埋膜的土壤几乎相等。

在埋膜试验中, 分子量低的聚乙烯光解膜残体 ( $\bar{M}_w$ 1400) 并不比分子量高的残体 ( $\bar{M}_w$ 4500) 容易降解, 这可能与低分子量的

聚乙烯光解膜残体具有分枝结构相关<sup>[3]</sup>。

不同土壤对同一分子量的光降解膜残体的降解能力，推测是与土壤肥力以及微生物的生命活动强弱有关。黑土不仅微生物数量高，而且作为土壤微生物总活性指标的呼吸强度，均高于莱西花生地土壤和辽阳棉花地土壤，相应的黑土肥力水平也高于这两种土壤，所以降解残膜的能力也高(表 3)。

(二) 微生物对聚乙烯光解膜残体的降解能力

本试验以不同分子量的光降解膜作为微生物营养的唯一碳源，接种真菌或芽孢杆菌纯培养，观察它们在残膜上的生长情况及其降解能力(表 4)。

从表 4 结果可见，自然土壤中能利用光降解膜残体中的碳为碳源生长的真菌种类为数不多，生长微弱。在选用的 26 株真菌中，能在残膜上生长的仅有 8 株，占供试菌株的 32%。其中有黑曲霉 2 株，黄曲霉、土曲霉、

烟曲霉、拟青霉、金色土曲霉及未定名真菌各一株。这些真菌大部分从复盖过聚乙烯光解膜的土中分离获得。

同样，供试的 29 株芽孢杆菌中能在残膜上生长的只有 7 株，占供试菌株的 25%。它们为肠膜芽孢杆菌，多粘芽孢杆菌，苏云金杆菌，蜂房芽孢杆菌、短小芽孢杆菌，深黑芽孢杆菌及未定名菌。

为了证实微生物对光降解膜残体的降解能力，从表 5 和表 6 结果表明，能在光降解膜上生长的真菌和芽孢杆菌，均具有一定的降解残膜的能力。此外，从平板稀释法计算细菌和真菌的生长结果也证明，接种在以光降解膜残体为碳源的菌落数要比无碳源的对照菌数大 5-10 倍。

表 5 还指出，高分子量 ( $\bar{M}_w > 10000$ ) 的光降解膜是抗微生物分解的。在自然土壤中存在能降解低分子量光降解膜残体的微生物数量不多，其降解能力也较弱，按加入的碳量计，其降解率不超过 10%。

表 2 聚乙烯光解膜残体在土壤中的降解过程 (CO<sub>2</sub>-C mg/21d)

土 壤	分子量	0d	21d	42d	63d	84d	105d	127d	148d
黑 土	4500	0	63.0	33.0	37.9	16.5	18.6	20.4	21.6
	1400	0	65.5	24.0	29.0	14.4	16.8	20.4	23.1
	对照	0	28.2	22.2	23.7	16.8	22.8	18.0	16.2
花生地土壤	4500	0	28.5	21.0	24.0	12.9	12.6	21.6	19.2
	1400	0	19.8	16.8	20.4	24.6	16.2	21.0	11.7
	对照	0	20.4	17.1	19.1	16.8	14.7	16.5	18.0
棉花地土壤	4500	0	31.2	17.7	28.2	19.2	19.2	17.1	18.0
	1400	0	27.9	15.0	26.4	21.3	19.5	17.1	16.5
	对照	0	27.0	19.2	24.7	19.5	17.7	13.8	16.8

表 3 供试土壤微生物学特征

土 壤	细 菌 (×10 <sup>4</sup> 个/ g 干土)	真 菌 (×10 <sup>3</sup> 个/ g 干土)	蛋白酶 (酪氨酸 mg/ g·土·24h)	转化酶 (葡萄糖 mg/ g·土·24h)	接触酶 (0.02MolKMnO <sub>4</sub> ml/g土 1h.)	呼吸作用 (CO <sub>2</sub> mg/ 100g土·24h.)
黑 土	261	123	2.80	34.0	36.0	20.86
莱西土壤	58	46	2.36	23.0	24.6	9.02
辽阳土壤	87	38	2.28	18.0	31.0	4.18

表 4 微生物在聚乙烯光解膜上的生长情况

菌号	真 菌	生长情况*	菌号	细 菌	生长情况*
1	黑曲霉	++	105	枯草芽孢杆菌	-
2	黑曲霉	+	133	坚强芽孢杆菌	-
3	黑曲霉	++	136	巨大芽孢杆菌	-
19	黄曲霉	+	291	短小芽孢杆菌	+
20	黄曲霉	±	370	犁状芽孢杆菌	-
12	黄曲霉	++	356	短芽孢杆菌	-
14		+	373	多粘芽孢杆菌	++
11	烟曲霉	++	374	幼虫芽孢杆菌	-
15	烟曲霉	+	376	深黑芽孢杆菌	++
16	烟曲霉	+	377	蜂房芽孢杆菌	++
13	土曲霉	++	381	球形芽孢杆菌	-
10	土曲霉	+	384	嗜热芽孢杆菌	-
17	土曲霉	+	386	肠膜芽孢杆菌	++
18	土曲霉	+	388	侧孢芽孢杆菌	-
21	杂色曲霉	-	389	苏云金芽孢杆菌	++
4	弯孢霉	+	503	凝结芽孢杆菌	-
5	阿达青霉	+	509	尘埃芽孢杆菌	-
6	草酸青霉	+	415	未定名菌株	-
9	金色土曲霉	++	422	未定名菌株	-
7	金色土曲霉	+	423	未定名菌株	++
8	拟青霉	++	426	未定名菌株	-
23	镰刀霉	-	433	未定名菌株	-
24	漆斑霉	±	445	未定名菌株	-
25	未定名	-	446	未定名菌株	-
26	未定名	++	451	未定名菌株	-
29	木 霉	+	461	未定名菌株	-
			471	未定名菌株	-
			489	未定名菌株	-
			492	未定名菌株	-

\* - 为不生长, ± 可能生长, + 生长很弱, ++ 能生长

表 5 真菌降解聚乙烯光解膜残体的能力  
(CO<sub>2</sub>-C μg/21d)

菌号	菌 株	M̄w > 10000	M̄w = 5000	M̄w = 2000
7	金色土曲霉	0	304 (3.6)	207 (2.4)
9	金色土曲霉	0	166 (2.0)	150 (1.8)
11	烟曲霉	0	538 (6.3)	289 (3.4)
12	黄曲霉	-	209 (2.5)	37 (0.4)
13	土曲霉	0	172 (2.0)	-
29	木 霉	0	557 (6.6)	640 (7.5)
1	黑曲霉	0	-	11 (0.1)
4	弯孢霉	-	81 (1.0)	14 (0.2)
5	阿达青霉	-	46 (0.5)	78 (0.9)
6	草酸青霉	-	16 (0.2)	39 (0.5)
8	拟青霉	-	19 (0.2)	16 (0.2)
10	土曲霉	-	51 (0.6)	46 (0.5)

注: ( ) 内数字为加入碳量计算的降解率(%)

表 6 芽孢杆菌降解聚乙烯光解膜残体的能力  
(CO<sub>2</sub>-C μg/44d)

菌号	菌 株	M̄w = 5000	M̄w = 1668
377	蜂房芽孢杆菌	204 (2.4)	279 (3.3)
376	深黑芽孢杆菌	275 (3.2)	229 (2.7)
291	短小芽孢杆菌	214 (2.9)	173 (2.0)
373	多粘芽孢杆菌	-	387 (4.6)
386	肠膜芽孢杆菌	68 (0.8)	144 (1.7)
389	苏云金杆菌	514 (6.1)	309 (3.6)
423	未定名	419 (4.9)	445 (5.3)

注: ( ) 内数字为加入碳量计算的降解率(%)

(三) 聚乙烯光解膜残体及其生物降解

表 7 聚乙烯光解膜残体对土壤微生物及其活性的影响\*

土 壤	分子量	细 菌	真 菌	蛋白酶	转化酶	接触酶	土壤呼吸强度
黑龙江黑土	4500	365	165	257	120	123	143
	1400	116	135	171	130	106	113
	对照	100	100	100	100	100	100
莱西花生地土壤	4500	52	37	50	30	72	92
	1400	41	50	73	36	74	93
	对照	100	100	100	100	100	100
辽阳棉花地土壤	4500	82	55	75	76	86	69
	1400	81	54	63	61	89	32
	对照	100	100	100	100	100	100

\* 埋膜 148d 后测定的结果

表 8 不同分子量的聚乙烯光解膜残体对土壤氧化代谢能力的影响

处 理		内源呼吸		葡萄糖氧化		丙酮酸氧化		连苯三酚氧化	
		O <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>						
黑 土	Mw9900 <sup>(1)</sup>	—	—	118	113	106	95	112	84
	Mw4500 <sup>(2)</sup>	154	203	431	501	229	166	112	67
	Mw1400 <sup>(2)</sup>	152	196	116	131	88	82	128	110
	对照	100	100	100	100	100	100	100	100
花生地土壤	Mw9900 <sup>(2)</sup>	—	—	70	88	83	79	105	104
	Mw1400 <sup>(2)</sup>	—	—	104	50	88	72	97	58
	对照	—	—	100	100	100	100	100	100

注: (1)埋膜 60d 的土壤, (2)埋膜 148d 的土壤

产物对土壤微生物的影响。

为了了解部分残膜和中间代谢产物对土壤的影响, 试验埋膜 60d 和 148d 后的土壤为材料, 测定微生物的数量、土壤酶活性及土壤碳、氮代谢相关的产物, 葡萄糖、丙酮酸、多酚化合物的氧化代谢能力的变化。同时还测定了埋膜后的土壤对种子发芽及幼苗生长的影响。

从表 7 可见, 光降解膜残体对土壤微生物数量及土壤酶活性是有一定影响。埋有分子量 4500 的光降解膜残体在 148 天后的黑土中, 细菌和真菌数, 土壤酶活性以及土壤呼吸强度均明显高于没有埋膜的对照土壤。对于降解残膜能力弱的莱西花生地土壤和辽阳棉花地土壤则埋膜后土壤中的细菌和真菌数, 土壤酶活性以及土壤呼吸强度均比没有埋膜的对照土壤低, 这可能与供试土壤的肥力水平有关(表 3)。

从光降解膜残体对土壤氧化代谢能力的影响来看(表 8), 其结果与它们对土壤微生物数量、土壤酶活性影响的规律相一致。分子量低于 4500 的光降解膜残体埋入土壤 148 天后, 降解残膜能力强的土壤, 其氧化代谢能力也明显高于没埋膜的对照土壤。同样, 对于降解残膜能力弱的土壤, 埋膜后, 其土壤氧化代谢能力在不同程度上要低于没埋膜的对照土壤。这一结果同样说明, 分子量低于 4500 的光降解膜残体, 在肥力水平较高的土

壤中是可以降解的。在降解过程中, 土壤微生物的生命活动不仅没有受到抑制作用, 反而有促进作用。甚至分子量高于 9900 的聚乙烯光解膜残体埋入土壤达 60 天, 虽然是抗微生物降解的, 但对土壤氧化代谢葡萄糖、丙酮酸、多酚化合物的能力影响不大。然而, 对于肥力水平较低的土壤则观察到另一现象, 分子量低于 4500 的光降解膜残体, 虽然也能降解, 但降解过程缓慢(表 2), 同时, 它在土壤中的降解过程中, 对土壤微生物的生命活动, 存在一定的抑制影响(表 7)。因此, 如何通过某些农业技术措施, 提高土壤的肥力水平, 利于残膜的降解, 是必须认真对待的问题。

#### 四、结 论

1. 土壤对分子量低于 4500 的聚乙烯光解膜残体具有一定的降解能力。其降解能力取决于土壤不同而不同。黑土降解能力最高, 按加入聚乙烯光解膜的含碳量计算, 其降解率可达 70% (60d)。根据大田观察, 在作物生长后期, 分解得好的碎片呈“鱼鳞状”或象“干米汤”涂于地面, 一触即碎, 分子量已下降为 5000 以下, 这时, 残留在土壤中的聚乙烯光解膜碎片是可以被降解的。按真菌(主要是曲霉)和芽孢杆菌降解聚乙烯膜的含碳量计算, 21—44d 内的降解率不超过 10%。

2. 聚乙烯光解膜残体在土壤中的降解过

程,对土壤微生物的影响视不同土壤而不同。对于肥力水平较高的土壤,累积于土壤中的残膜或者残膜降解的中间产物,不仅不会抑制土壤微生物的生命活动,反而对微生物有刺激作用。

## 参 考 文 献

[1] 李凤珍,微生物学杂志,8(3),69—77,(1988).

- [2] Eggins H. O. W. et al., *Biodeterioration and Biodegradation of Synthetic Polymers*, in *Microbial aspects of pollution*, G. sykes & F. A. skinner Eds., Academic Press, London, New York, 1971,
- [3] Albertisson A. C., *J. Europron polymer*, **16**, 623—630, (1980).
- [4] Reich M., R. Bartha, *Soil Sci.*, **124**, 177—180 (1977).

(收稿日期: 1988年12月12日)

## 风向、风速、稳定度类别联合概率分布及混合层深度的诊断估计初探

徐 大 海

(国家气象局气象科学研究所)

**摘要** 本文从概率理论给出了由风玫瑰、各风向下半年平均风速、稳定度频率求算的联合概率分布函数,并给出了由10米高度上气象常规风速观测值及稳定度级别确定混合层厚的半经验诊断公式。

在局地大气质量评价中,常用统计扩散模式进行浓度计算,主要气象参数为风向、风速、稳定度类别及混合层深度。因此在估计长期平均浓度时,这些参数的联合频率的统计是不可缺少的。然而这种统计却不能在气象站报表中取得。而且一般统计给出的列联表篇幅较大,难以处理。本文按经典概率论中的有关定理求出了这些要素的联合分布。原则上可从多年气候资料中的风玫瑰,平均风速、稳定度百分率直接算得上述联合分布频率,其过程易于计算机处理,且可不受观测资料限制而算出任意搭配的各要素值同时出现的概率。

混合层深度有种种估计方法,但是在环境评价实践中最易于使用的方法是从地面要素如风速,稳定度级别进行诊断估计,本文给出了简单的半经验估计公式。

### 一、平均风速的概率分布

根据风功率谱的研究,局地性环境大气评价中使用0.5到1小时平均风速为好,但由于谱中周期在1小时前后的低能区的存在,10分钟平均与1小时平均风速差异并不大<sup>[1]</sup>。平均风速满足Weibull分布

$$P(v \leq v_c) = 1 - \exp\left(-\left(\frac{v_c}{c}\right)^k\right) \quad (1)$$

其中  $P(v \leq v_c)$  表示风速小于指定值  $v_c$  的概率。 $k$  称斜率或形状参数, $k$  可按多年平均风速值及其均方差求取<sup>[2]</sup>。但为了简便亦可用下式计算<sup>[1]</sup>。

$$k = 0.74 + 0.19\bar{v} \quad (2)$$

式中  $\bar{v}$  为多年平均风速,该式由我国各地197个地面站(1961—1970)10分钟平均风速的数据回归求得,相关系数达0.865。(1)式中  $c$  称模或尺度参数,

## **Treatment of Phenol-containing Wastewater by Immobilized Microorganism.**

Zhou Ding, Hou Wenhua (Harbin Institute of Technology, Harbin): *Chin. J. Environ. Sci.*, 11(1), 1990, pp.

Treatment of phenol-containing wastewater by immobilized microorganism has been studied systematically in this paper. For this purpose, a strain of *Candida tropicalis* showing quite high phenol-degrading activity was separated from activated sludge. The immobilizing support and immobilizing conditions were selected through the experiments. The simulated wastewater containing 300 ppm phenol was treated in a self-made three-phase fluidized bed reactor filled with immobilized microorganism, and the outlet concentration of phenol was below 0.5 ppm. The volumetric loading rate of phenol increased by more than one time, and the amount of surplus sludge decreased by 90% as compared with those in traditional activated sludge method. These results show good prospect of immobilized microorganism in wastewater treatment.

## **Microbial Degradation of Polyethylene Farming-mulch-film after Its Photodegradation.**

Li Fengzhen et al. (Institute of Applied Ecology, Academia Sinica, Shenyang): *Chin. J. Environ. Sci.* 11(1), 1990, pp.

This paper reports the conditions of degradable polyethylene farming-mulch-film by microorganism inoculation tests and soil-buried tests. The results obtained are as follows: 1. It is very difficult for polyethylene film of high molecular weight to be microbial degradation; 2. When the film molecular weight caused by photodegradation is below 4500—5000, the film fragments are susceptible to microbial attack by microorganisms commonly found in soil, and different microorganism has different degradability; 3. It is also demonstrated that photodegraded fragmented polyethylene film with not inhibit soils oxidation metabolism and soil enzymatic activities.

## **The Joint Probability Distribution of Wind (Directions, Speeds) and Stability Condition with the Diagnostic Depth of Planet Boundary Layer.**

Xu Dahai (Chinese Academy of Meteorological Science, Beijing): *Chin. J. Environ. Sci.*, 11(1), 1990, pp.

In this paper, the joint probability distribution of wind (directions, speeds) and stability conditions are given on the basis of probability theory. A kind of semi-empirical formula is also obtained, and gives the diagnostic depth of planet boundary by using stability and the regular wind speeds measured on the weather station in China.

## **Study on Predicting Model of the Nocturnal Radiant Inversion Distribution.**

Zong Zijiu (Beijing Central Engineering and Research Institute of Non-ferrous Metallurgical Industry): *Chin. J. Environ. Sci.*, 11(1), 1990, pp.

The height and strength of temperature inversions play an essential role in determining the dispersion of air pollutants. In this paper a new prediction model of temperature inversion during night-time has been developed by modifying D. Anfossi and A. D. Surridge's methods, and three modified coefficients about wind speed, aqueous vapour and temperature differences at ground have been given. The vertical temperature profiles obtained from the present model have been compared with observations and the agreement is found to be better than previous models. The new model can replace the method for measuring the temperature profile with balloon-borne thermometer in the environment impact assessment.

## **Indoor Pollution of CO and Particulate Matter in Beijing and Its Elemental Analysis.**

Wang Juning, Zhang Yue (Institute of Environmental Health and Engineering, Chinese Academy of Preventive Medicine, Beijing): *Chin. J. Environ. Sci.*, 11(1), 1990, pp.

Three types of houses in Beijing were investigated that a smoking household and non-smoking one in each type were compared. Inhalable particulate (IP), respirable particulate (RP) and carbon monoxide (CO) were monitored in the living rooms and kitchens respectively for four seasons. At the same time carboxyhaemoglobin (COHb) was measured individually for each of the householders. The results showed that indoor air pollution was rather serious, especially in winter when particulate concentration was even as high as 47ppm. Indoor air pollution is closely related to types of houses, particularly to the ways of heating. Air pollution will be greatly decreased when central heating facilities are established.

The analysis of 30 elements showed that the pollution was typically derived from coal burning and aggravated by dust wind, but indoor higher Pb level was probably due to use of liquefied petroleum gas for cooking. In our study, the effect of cigarette smoking seemed to be covered up by the serious indoor air pollution.

## **Influence of Cu Adsorption Characteristics on Cu Toxicological Threshold of the Vegetables in Purple Soil.**

Tu Cong, Qing Changle (Lab of Agro-environmental Protection, Southwest China Agricultural University, Chongqing): *Chin. J. Environ. Sci.*, 11(1), 1990, pp.