

水泥粉尘污染对水稻、油菜和土壤环境的影响

刘俊岭 杜梅 张克云

(芜湖市环境监理所, 芜湖 241000)

陈树元* 徐和宝 谢明云

(江苏省植物研究所, 南京 210014)
中国科学院

摘要 通过在水泥厂周围布设不同监测样点、样田, 了解水泥粉尘沉降对水稻、油菜和土壤环境的影响。结果表明, 水泥厂周围的大气环境受到不同程度的粉尘污染。水泥粉尘使一些农田水稻和油菜产量有所下降, 但对质量未产生不良影响, 水泥粉尘会使土壤中钙的含量明显增加。

关键词 水泥粉尘; 水稻; 油菜; 土壤

The effects of cement flying dust pollution on rice, rape and soil environment Liu Jun-Ling, Du Mei, Zhang Ke-Yun (Institute of Environmental Supervision, Wuhu 241000), Chen Shu-Yuan, Xu He-Bao, Xie Ming-Yun (Institute of Botany, Jiangsu Province and Chinese Academy of Sciences, Nanjing 210014), *J. Plant Resour. & Environ.* 1997, 6(3): 42~47

Based on arranging different sampling spots and farmlands around a cement plant, the effects of flying dust pollution on crops and soil were investigated. The results showed that the atmospheric environment was polluted at certain degree by the cement plant. Cement flying dust decreased the yield of rice and rape at some farmlands, but did not produce harmful effect on its quality. There was an obvious increase in calcium content in polluted soil.

Key words cement flying dust; rice; rape; soil

1. 引言

目前, 世界各地排入空气中的粉尘每年约为 1×10^8 t 之多, 占整个空气污染物的 $1/6$ ^[1]。在我国随着建筑事业迅速发展, 作为主要建材的水泥生产自然形成一项热门建材企业, 而在水泥生产过程中向空气排放的大量水泥粉尘就构成了我国大气粉尘污染的主体。

关于水泥粉尘对植物的有害影响, Andrew^[1]已作了综述。Darley^[2]指出水泥粉尘能在植物叶片、枝条、花朵上形成一层水泥结壳, 阻挡光线, 影响光合作用, 从而减少了淀粉的形成量。Krajickova^[3]用实验论证了粉尘对植物气孔的阻塞作用。Lal^[4]发现, 番石榴植物受水泥粉尘污染后叶片中无机元素含量(K, Ca, N, P)增加。在我国有关大气粉尘对植物影响的研究主要侧重在粉煤灰的影响^[5-7], 而水泥粉尘对农作物和土壤的影响, 尚少见报道。

本文以安徽省某水泥厂为污染源强, 通过沿厂区周围设置不同的样点, 旨在了解水泥粉尘对粮油作物和土壤环境的影响, 为厂矿企业控制和削减粉尘排放总量提供科学依据, 为环保主

* 本文执笔者

收稿日期 1997-05-09

管部门制定保护农田生态环境的质量标准提供重要参数。

2. 研究方法

2.1 研究幅地范围和样田、样点设置

鉴于厂区常年以东北风为主导风向,本研究规划以水泥厂为中心,下风向延伸 4 km,上风向延伸 2 km,南北向各延伸 3 km,总复盖面积为 36 km²,确定为调查测定范围。

在这块幅地内,分别在位于厂区东北面的外赵,北面的邢屋基和赵村,南面的高山,西侧的龙一和龙二这 6 个农作区布设水稻和油菜的样田。将 6 个大气降尘监测点设在上述农作区,2 个设在尖山和雷站林地。另外,在远离厂区的湾址井边村设对照样田监测点。

2.2 水泥粉尘降尘量测定

在每个监测点,将含有 302 ml 稀硫酸铜液(6.6×10^{-4} N)的塑料降尘缸(高 30 cm,内径 15 cm),架设在离地面 5 m 高的电杆柱上,以每 2 月 1 次的频率置换降尘缸,参照国家环保局制定的《空气和废气监测分析方法》^[8]测算降尘量。

2.3 叶片滞尘量测定

在 3 月下旬油菜枝叶展开且处于开花初期时,在每农作区选择有代表性的 4 块样田,在每块样田内随机剪取茎中部叶片 5 枚,装入事先已称重的塑料袋内,共采叶 4 袋,经清洗称重测算滞尘量。

2.4 叶片生理指标测定

2.4.1 气孔阻抗和蒸腾强度测定 在水稻抽穗扬花期和油菜生长旺季,从每一农作区选择 4 块样田,在每块样田设置的 4 个样方内,分别选取 15 枚以上生长正常的水稻旗叶和油菜茎中部叶片,用 Licor 1600 气孔计进行气孔阻抗和蒸腾强度测定。

2.4.2 光合速率测定 在油菜生长旺季,从每一农作区每块样田的 4 个样方内,选取油菜茎中部叶片 20 枚以上,用北京分析仪器厂 BAU 光合仪进行光合速率测定。

2.5 作物产量和品质分析测定

2.5.1 产量测定 在水稻和油菜收获时,每一农作区选择生产较好且有代表性的 4 块样田,在每块样田设置长宽各 20 穴的 4 个样方,按常规方法进行产量的田间测定。

2.5.2 品质分析 从各农作区已混合制样的大米和油菜籽样品中,各称取 0.5 g,经前处理后按刘铭三的《谷物及油料品质分析法》^[9]分析大米中蛋白质含量,用日本岛津气相色谱仪分析脂肪酸含量。

2.6 粉尘和土壤无机元素含量和 pH 测定

从每块农田和林地的 5 个样点,采集地表(0~15 cm)混合土样,从烟囱内壁采集水泥尘样,用等离子火焰发射光谱法,测定样品中硅、钙等无机元素含量;用电极法测定各土壤样品的 pH 值。

3. 研究结果

3.1 厂区周围大气降尘量

1994年7~8月至1995年7~8月,厂区周围各监测点降尘量的测定结果见表1。

表1 水泥厂附近不同监测点大气降尘量比较

Tab 1 The measure of dust fall of different spots around the cement plant

监测点 Monitor spot	降尘量 Dust fall (t/km ² ·month)						月平均值 Monthly average	年降尘量 Annual dust fall (t/km ²)
	1994			1995				
	7~8月 Jul~Aug.	9~10月 Sep~Oct.	11~12月 Nov~Dec.	1~2月 Jan~Feb.	3~4月 May~Apr.	7~8月* Jul~Aug.		
湾址(CK) Wanzhi	-	3.9760	2.0110	2.5847	3.7539	1.6186	2.7886	33.4632
雷站 Leizhan	-	3.7138	3.1142	5.8761	3.6962	3.4792	3.9759	47.7108
高山村 Gaoshancun	8.8363	8.5343	11.1374	7.8737	5.3389	4.5712	7.7153	92.5836
邢屋基 Xingwuji	9.5762	10.3083	9.2800	9.2004	10.2488	6.6744	9.2147	110.5764
赵村 Zhaojun	10.3906	9.4398	12.4068	12.2255	12.6898	8.6611	10.9689	131.6268
外赵村 Waizhaocun	10.5962	10.1466	10.9877	12.4693	14.7938	8.6689	11.2771	135.3252
龙一村 Longyicun	12.5898	-	16.6083	14.3190	7.6896	7.1510	11.6715	140.058
龙二村 Long'ercun	12.5986	12.9118	16.9167	17.2174	8.1779	6.4239	12.3744	148.4923
尖山 Jianshan	458.6795	607.6070	784.1181	818.8331	447.4945	300.4116	569.5240	6834.288

* 因1995年4~6月停产进行2号窑体改造,故第6次降尘采样时间跨度顺延至7~8月。The time span of sampling fall dust at sixth time was postponed in order to Jul.~Aug. due to transform of No. 2 kiln during Apr.~June in 1995.

从表1可以看出,在厂区周围设置的8个监测点中,除雷站、高山点外,降尘量均超过9.0 t/km²·month(参照美国标准)的粉尘沉降标准,尤其是紧靠厂区的尖山点,降尘量高达569.5 t/km²·month,表明水泥厂粉尘超标排放的情况是相当严重的。

从表1还可看出,各监测点在1995年7~8月的降尘量明显减少,除尖山点外,各点的降尘量均已降至允许标准之下,这表明从1995年4~6月进行的窑体改造和电除尘设备正常运转后,已取得了明显的降尘、除尘效果。

3.2 水泥粉尘沉降对土壤环境的影响

3.2.1 对土壤无机元素的影响 水泥粉尘和土壤中无机元素的测定结果见表2。

表2 水泥粉尘、农田和林地土壤中有关元素含量测定

Tab 2 The measure of concerned elements in cement flying dust and soil of farm field and forest land

样品类别 Sample type	地点 Spot	月平均降尘量 Monthly average dust fall (t/km ² ·month)	各元素的氧化物含量 Oxide content (%)						
			SiO ₂	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	K ₂ O	P ₂ O ₅
粉尘 Dust			15.44	2.59	5.41	39.50	1.04	2.28	0.17
林地 Forest land	湾址(CK) Wanzhi	2.7886	73.95	4.75	10.78	0.16	0.47	1.52	0.14
	雷站 Leizhan	3.9759	67.73	6.17	15.15	0.59	1.11	2.59	0.13
	尖山 Jianshan	569.524	41.79	4.46	11.79	22.40	1.78	2.25	0.15
农田 Farm field	湾址(CK) Wanzhi	2.7886	75.77	3.36	11.23	0.15	0.55	1.85	0.12
	高山村 Gaoshancun	7.7153	71.86	4.21	12.17	0.71	0.71	1.91	0.12
	邢屋基 Xingwuji	9.2147	73.25	3.57	11.36	0.37	0.72	1.95	0.11
	赵村 Zhaojun	10.9689	68.15	4.49	13.84	1.09	0.78	2.13	0.16
	外赵村 Waizhaocun	11.2771	70.82	3.48	11.34	0.98	0.63	1.83	0.09
	龙二村 Long'ercun	11.6715	66.80	4.27	13.30	1.15	0.90	2.25	0.15
	龙一村 Longyicun	12.3744	67.48	4.78	13.36	1.20	0.95	2.42	0.16

从表2看出,水泥粉尘中,CaO和Si的含量较高,CaO的含量高达39.5%,同时含有较高

的对植物生长有益的 K。

土壤中 Si、Fe、Al、Ca、Mg、K 和 P 的分析结果表明,水泥粉尘沉降主要使农田和林地土壤的含 Ca 量明显增加,对其他元素含量的影响较小。在降尘量最大的尖山林地土壤含 Ca 量高达 22.40%,为对照湾址点含量的 140 多倍,在龙一村农田土壤中 Ca 的含量也显著高于对照,为对照点的 8 倍。

3.2.2 林地和农田土壤的 pH 值 测定结果表明,除对照地区湾址点土壤 pH 值为 6.21 外,其余各测点土壤 pH 值无明显差异,量值在 6.48~7.14 之间,说明水泥粉尘沉降对土壤的 pH 值无有害影响。

3.3 水泥粉尘沉降对水稻的影响

3.3.1 对水稻气孔阻抗和蒸腾强度的影响 水泥粉尘沉降对水稻生理指标及产量的影响见表 3。

表 3 水泥粉尘对水稻叶片气孔阻抗、蒸腾强度和产量的影响

Tab 3 The effects of cement flying dust on stomatic resistance, transpiration intensity and yield of rice

样田 Sample field	月均降尘量 Monthly average dust fall (t/km ² ·month)	气孔阻抗 (s/cm) Stomatic resistance		蒸腾强度 (μg/cm ² ·s) Transpiration intensity		水稻产量 Rice yield	
		n	$\bar{X} \pm S$	n	$\bar{X} \pm S$	kg/hm ²	产量增减 (%) Yield change
湾址(CK) Wanzhi	2.7886	40	1.69 ± 0.17	40	12.81 ± 0.43	7774.5 ± 127.5	0
高山村 Gaoshancun	7.7153	45	1.72 ± 0.08	45	11.25 ± 1.93	7737.0 ± 81.0	-0.5
邢屋基 Xingwuji	9.2147	42	1.71 ± 0.16	42	11.22 ± 0.77	7780.5 ± 111.0	+0.1
赵村 Zhaocun	10.9689	51	1.77 ± 0.13	51	8.24 ± 0.51	7588.5 ± 261.0	-2.4
外赵村 Waizhaocun	11.2771	50	1.76 ± 0.04	50	7.48 ± 0.13	7537.5 ± 138.0	-3.0
龙二村 Long'ercun	11.6715	50	1.78 ± 0.03	50	7.34 ± 0.41	7458.0 ± 187.5	-4.1
龙一村 Longyicun	12.3744	52	1.89 ± 0.08	52	6.49 ± 0.44	7455.0 ± 127.5	-4.1

表 3 表明,水泥粉尘沉降量与气孔阻抗呈正相关,与蒸腾强度呈显著负相关,月降尘量(X)与气孔阻抗(Y₁)和蒸腾强度(Y₂)的回归方程为:Y₁ = 1.6201 + 0.0148X, r = 0.7447; Y₂ = 15.5976 - 0.6719X, r = -0.9140。这是因为水泥粉尘会部分阻塞气孔开度,影响气体交换,导致气孔阻抗增大,蒸腾强度下降。

3.3.2 对水稻产量的影响 从表 3 可以看出,水泥粉尘在一定程度上影响了水稻产量,在降尘量较大的龙一和龙二村,稻谷分别减产 4.1%,而降尘量较小的其他各监测点,稻谷产量降幅更小,有的点接近对照。各监测点,农田水稻产量(Y)与月均降尘量(X)之间呈负相关,其回归方程为:Y = 529.9401 - 2.3135X, r = -0.8025。

3.3.3 对水稻品质的影响 农作区稻米的粗蛋白质的含量分析结果表明,对照点的含量为 7.0%,各监测点的含量在 7.14%~8.22%之间,含量差异不明显,而且降尘量大的龙二、龙一测点,其粗蛋白质的含量还高于对照点,表明水泥粉尘并没有对米质产生不良影响。

3.4 水泥粉尘沉降对油菜的影响

3.4.1 气孔阻抗、蒸腾强度和光合速率 这些生理指标的测定结果见表 4。可以看出各农作区油菜叶片的上述测定参数均受到月降尘量的明显影响,油菜叶片气孔阻抗与大气降尘量之间呈显著正相关,而蒸腾强度和光合速率则与降尘量呈显著的负相关关系。

3.4.2 叶片滞尘量 列于表5的测定结果表明,各样地油菜叶片的滞尘量明显高于对照田块,其中龙一、龙二村叶片滞尘量高出对照田块的4倍以上。

3.4.3 油菜籽产量 对厂区周围不同田块油菜籽产量见表6。可以看出,水泥粉尘沉降会使油菜籽产量有所下降,但减产幅度不大,月均降尘量最大的龙一村减产4.9%,油菜籽产量(Y)与降尘量(X)之间存在负相关关系,其回归方程为: $Y=147.8488-0.7323X$, $r=-0.7839$ 。

表4 水泥粉尘对油菜叶片气孔阻抗、蒸腾强度和光合速率的影响

Tab 4 The effects of cement flying dust on stomatic resistance, transpiration intensity and photosynthetic rate of rape leaves

样田 Sample field	当月降尘量 Dust fall at that month (t/km ² ·month)	气孔阻抗 (s/cm) Stomatic resistance		蒸腾强度 (μg/cm ² ·s) Transpiration intensity		光合速率 (mgCO ₂ /dm ² ·h) Photosynthetic rate	
		n	\bar{X}	n	\bar{X}	n	\bar{X}
湾址(CK) Wanzhi	3.7539	47	1.44±0.05	47	10.02±0.62	14	38.34±3.25
邢屋基 Xingwuji	10.2488	52	2.11±0.09***	52	6.31±0.34***	16	32.29±4.71
赵村 Zhaocun	12.6898	58	2.17±0.05***	58	5.21±0.31***	16	31.57±4.87
外赵村 Waizhaocun	14.7938	47	2.47±0.19***	47	4.00±0.26***	11	28.42±3.42**
龙二村 Long'ercun	7.6896	57	1.60±0.14	57	8.97±0.68	15	35.88±3.94
龙一村 Longyicun	8.1779	53	1.66±0.19	53	8.09±0.17	17	34.67±3.16

** : P<0.01; *** : P<0.001

表5 不同样田油菜叶片滞尘量

Tab 5 The stagnant content of flying dust on rape leaves at different sampling fields

样田 Sample field	月均降尘量 Monthly average dust fall (t/km ² ·month)	n	滞尘量 Stagnant dust fall	
			g/100 g 鲜叶 g/100g fresh leaf	相比指数(%) Relative rate
湾址(CK) Wanzhi	2.7886	4	0.82±0.29	100
高山村 Gaoshan	7.7153	4	2.96±0.57**	361.0
邢屋基 Xingwuji	9.2147	4	2.26±0.45**	275.6
赵村 Zhaocun	10.9689	4	2.90±0.92**	353.7
外赵村 Waizhaocun	11.2771	4	3.16±1.33***	385.4
龙二村 Long'ercun	11.6715	4	3.64±0.96***	443.9
龙一村 Longyicun	12.3744	4	3.34±1.11***	407.3

** : P<0.01; *** : P<0.001。

表6 不同样田油菜籽产量及其脂肪酸组成比较

Tab 6 The comparison on yield and fatty acid composition of rape seeds at different sampling fields

样田 Sample field	月均降尘量 Monthly average dust fall (t/km ² ·month)	油菜籽 Rape seed		油菜籽脂肪酸组成 Fatty acid composition of rape seed (%)					
		产量 Yield (kg/hm ²)	产量增减 Yield change (%)	棕榈酸 Palmitic acid	硬脂酸 Stearic acid	油酸 Oleic acid	亚油酸 Linoleic acid	亚麻酸 Linen acid	芥酸 Mustard acid
湾址(CK) Wanzhi	2.7886	2158.5±33	0	3.3	1.0	17.1	13.8	10.4	54.4
高山村 Gaoshan	7.7153	2173.5±45	+0.7	4.0	1.1	18.7	15.0	8.4	52.8
邢屋基 Xingwuji	9.2147	2140.5±51	-0.8	3.5	0.8	14.7	14.1	9.7	57.2
赵村 Zhaocun	10.9689	2113.5±33	-2.1	3.5	0.5	15.4	12.9	9.1	58.6
外赵村 Waizhaocun	11.2771	2100.0±50	-2.7	3.3	0.9	13.9	12.3	8.6	61.0
龙二村 Long'ercun	11.6715	2061.0±36	-4.5	3.8	0.8	16.0	15.0	10.3	54.2
龙一村 Longyicun	12.3744	2052.0±38	-4.9	3.6	0.9	20.4	14.5	8.3	52.3

3.4.4 油菜籽质量 芥酸含量通常是反映油脂质量的一项重要指标,含量高,油质就较差,分析结果(表 6)表明,各农作区油菜籽中芥酸含量与对照相比,并不存在明显差异,芥酸含量与降尘量之间也不存在相关关系,这表明降尘量高低与菜油品质好坏无关。

4. 结 论

水泥粉尘对植物影响的研究,是从生物角度对粉尘污染环境的程度进行综合评判的一种方法,在实践中它与理化仪器监测评价相辅相成,日益成为一种重要的环评手段。这是因为植物长期地生活在某一特定的环境条件下,其外部形态和内在生理机能常常受到粉尘污染的影响而发生变化。这些变化是外界环境对植物影响的客观记录,它在一定程度上反馈了粉尘污染的情况和程度。

在分析粉尘影响时,既要考虑它对植物产生不良影响的一面,又要了解这种影响的不稳定性和自身消失调节,以及水泥粉尘还可增加土壤 K、P 等含量,改善土质的一面。这种影响还要受到环境、气象、生物等多种因素的综合制约。

根据本研究结果,可得出以下结论:

(1) 水泥厂周围的大气环境受到不同程度的水泥粉尘污染,尤其位于厂区下风向的监测点,每次和月均降尘量均超过 $9.0 \text{ t/km}^2 \cdot \text{month}$ 的允许标准。

(2) 水泥粉尘沉降会阻塞叶面气孔,使气孔阻抗增大,蒸腾强度和光合速率降低。使一些农田的作物产量有所下降,但减产幅度不明显,降尘量最大的监测点水稻减产 4.1%,油菜籽减产 4.9%。对大米和菜籽油的质量未产生不良影响。

参 考 文 献

- 1 Andrew M F. The effect of dust on vegetation - a review. *Environ Pollut*, 1993, 79(1):63~75.
- 2 Darley E F. Studies on the effect of cement-kiln dust on vegetation. *J Air Pollut Contr Assoc*, 1996, 16: 145~150.
- 3 Krajickova A, Mejstrik V. The effect of fly-ash particles on the plugging of stomata. *Environ Pollut (Ser. A)*, 1984, 36(1): 83~93.
- 4 Lal B, Ambasht R S. Impact of cement dust on the mineral and energy concentration of *Psidium guayava*. *Environ Pollut (Ser. A)*, 1982, 29(4): 241~247.
- 5 吕春元. 粉煤灰对土壤、作物的影响. *农业环境保护*, 1981, 11~16.
- 6 王 庆. 炭黑粉尘对大白菜生育及品质影响的研究. *农业环境保护*, 1992, 11(6):268~271.
- 7 姚炳贵. 粉煤灰对土壤、粮食污染与评价. *土壤肥料*, 1987, (3):33~36.
- 8 国家环保局. *空气和废气监测分析方法*. 北京:中国环境科学出版社,1990.
- 9 刘铭三. *谷物及油料品质分析法*. 北京:农业出版社,1987.

(责任编辑:宗世贤)