

大气污染的植物监测

汪嘉熙 李正方 钱大复

(江苏省植物研究所)

环境监测是环境保护的“耳目”。如何及时而准确地监测污染物质及其分布状况,掌握污染动向,对防治环境污染是一项必不可少的工作。环境污染除用物理的或化学的方法监测外,近几十年来,国外在利用植物监测,特别是监测大气污染方面已做了较多的工作。如指示植物的选择和应用的研究;根据植物受害症状确定大气污染物;分析叶片的含污量估测环境污染程度等。我国近几年来已开始了这方面的研究,如用紫花苜蓿(*Medicago sativa* L.)、芝麻(*Sesamum indicum* L.)等监测二氧化硫污染,唐菖蒲(*Gladiolus gandevensis* Van Houtte)、金荞麦(*Polygonum cymosum* Trev.)、雪松(*Cedrus deodara* Loud.)、地衣等监测氟化氢污染,京桃(*Prunus davidiana* Franch.)等监测氯气的污染,以及利用多种植物的表现来综合评价环境质量等。

植物监测虽然不象理化监测那样能够精确地测出各种污染物的浓度及其瞬时变化,但由于它具有监测材料来源广、种类多,可以就地取材,方法简便,费用低廉,便于开展群众性的监测预报工作等优点,已受到各方面的重视。现就有关植物监测大气污染的问题作一简要介绍。

一、植物在监测大气污染中的作用

1. 能够反映大气污染对生态系的影响强度和综合评价大气环境质量

大气污染物质对生态系(主要包括植物、动物和人类)会发生种种影响,这些影响一般是不能用理化方法直接进行测定的。有几种污染物质共存时,其影响要比它们各自的单独影响来得强(称相乘作用或协合作用),如二氧化硫与臭氧或二氧化氮与乙醛对植物的影响就是这样。有的则相反,它们的复合影响要比各自的影响小(称拮抗作用),如二氧化硫与氨。污染物质的这种相互作用对生态系产生的影响强度,不是一般理化方法所能确定的。而植物在这方面却能起到独特的作用。

大气中存在的有些污染物质,能够通过植物的富集而进入食物链。例如氟化物,在大气中的浓度很低时(如一次最高浓度不超过 0.02 毫克/立方米)对人体不产生明显的影响。但由于植物能够吸收并积累相当多的氟化物。当人(或动物等)经常食用含氟量高的植物,即引起各种疾病。因此,只考虑污染物在大气中的浓度是不足以了解它对人和生物的影响程度的。只有通过生物(包括植物)的观察和分析,才能较正确地综合评价大气环境质量。

2. 能早期发现大气污染

许多植物对大气污染物质的反应往往要比动物和人敏感得多,例如人在二氧化硫的浓度达到 1—5ppm 时可闻到味道,10—20ppm 时才受刺激引起咳嗽流泪,而一些敏感的指示植物如紫花苜蓿,在二氧化硫浓度超过 0.3ppm,接触一定时期后便会产生受害症状。唐菖蒲(品种为“白雪公主”)在 10ppb (0.01ppm) 氟化氢中接触 20 小时便会出现症状。又如美洲五针松(*Pinus strobus* L.)对光化学烟雾很敏感,在只有用精密仪器才能检测出来的低浓度情况下,一

些植株就表现出受害症状。矮牵牛 (*Petunia sp.*) 对大气中的乙醛很敏感,在浓度超过 0.2ppm 经 2 小时接触后,1—2 天内就出现可见症状。香石竹 (*Dianthus caryophyllus L.*) 蕃茄 (*Lycopersicon esculentum Mill.*) 等对乙烯的敏感性很高,在 0.05—0.1ppm 的浓度中暴露几小时花萼即发生异常现象。根据这些敏感性强的植物受害情况可及早发现污染。如果知道敏感植物的受伤阈(即受害的临界浓度),还可以大致估测污染物的浓度。

3. 能检测出不同的大气污染物

植物受不同的大气污染物影响,在叶片上会出现不同的受害症状。植物受二氧化硫污染后,常在叶片的脉间出现漂白或褪色的斑点;受氟化物污染时,常在叶片的顶端和边缘出现伤斑,受害组织与正常组织之间有一明显的界线。臭氧污染引起的典型症状,是叶表面近小叶脉处产生点状或块状伤斑,因为栅栏组织对臭氧最敏感,所以受害后大多从叶表面开始漂白,几天后色泽转为黄褐色或淡黄色;受过氧乙酰硝酸盐(PAN)急性危害后,大部分的双子叶植物在其叶背出现玻璃状或古铜色伤斑,受害严重时叶面出现一道横贯全叶的坏死带。根据植物叶片所出现的症状特点,可以初步鉴别污染质的种类。但有时由于叶片上所出现的症状并不典型,容易相互混淆,因此,最好作一些必要的植物体内污染成分的分析。

植物的受害症状有时还能反映出大气中存在的新的污染物质。如美国洛杉矶在四十年代初期,出现了一种浅兰色的具刺激性的烟雾。开始人们认为是工业排放的二氧化硫所造成,以后一些研究者根据植物所出现的特殊症状,认为可能与新的污染物有关。经过七、八年的研究,证实是汽车排气所形成的光化学烟雾。

4. 能反映一个地区的污染历史

植物象一个“不下岗的哨兵”,能日夜为人们监测污染。当一个地区发生了有害气体的急性危害,事后可从遗留下来的植物受害症状推测当时的污染情况。

植物还能估测几年甚至几十年前的污染情况。如美国有人在一个有二氧化硫及氮氧化物逸散的兵工厂附近,根据年轮宽度对 43 株美洲五针松和 50 株鹅掌楸的每年树干生长量进行测定,发现树木的年生长量与该厂的年生产量和污染物散放量之间有密切关系。又如美国宾夕法尼亚州立大学,用分析树木的年轮估测污染的历史。他们通过用中子轰击年轮取得样品,再根据分析所得的 γ -射线图来观察存在于年轮中的微量元素。从该大学校园里的树木中收集到约 30 种元素的资料,发现汞、铁和银的含量与该地区过去的工业活动历史有关。银含量大约从 1953 年开始增加,到 1960 年达到高峰。增加的原因与当时在云中撒布碘化银晶体有关。汞含量在五十年代后有增加,这又与工业使用汞量的增加相符合。在二十世纪第一个十年间发现树木年轮中铁的含量明显的减少,其原因是当时这一地区的炼铁高炉正被淘汰。

二、大气污染指示植物的选择

一般地说,各种植物都能起到指示大气污染的作用。敏感植物出现了伤害症状,表明空气受到了污染;抗性中等的植物受害则表明污染比较严重;而当抗性强的植物受害时,表明污染已十分严重。为了能较及时地监测出空气污染,通常都选用敏感的产生受害症状的指示植物监测大气的污染。因此,要通过各种途径选择指示植物,其主要选择方法有以下几种。

1. 污染地区的植物调查: 在大气污染地区调查各种植物,观察它们的受害症状和程度。通过反复调查,将所得资料加以分析比较,找出最易受害或受害最重的植物,此法比较简便易行。但在野外条件下,环境因子复杂,植物生长条件亦不一致,有时会产生偏差。

2. 污染地区栽培比较试验: 将通过调查初选出来的敏感植物, 放在不同类型的污染区进行栽培(盆栽或露地种植)比较试验, 以进一步鉴别其敏感性, 盆栽试验可以排除土壤因子的影响, 但管理较麻烦。此法的优点是, 直接在污染地区进行栽培试验, 所得结果较符合实际。但由于野外条件复杂, 干扰因子多, 不易控制。

3. 叶片浸蘸法: 用一些污染物的水溶液直接处理植物的叶片, 根据叶片的反应来鉴别它们的敏感性。如用氢氟酸水溶液处理植物来测定它们对大气氟污染的敏感性。具体做法是将氢氟酸配制成一定浓度(如 500 ppm)的水溶液, 把植物的叶片直接在溶液中浸泡一分钟后取出, 隔一定时间(如 24 小时)观察, 统计植物的受害程度以鉴别其敏感性。此法具有快速易行的优点, 结果也较可靠。

4. 人工熏气法: 就是在人工控制的条件下, 以各种有毒气体对植物进行熏气试验。试验时将植物移入熏气室内, 控制一定的试验条件, 用不同浓度的有害气体分别对植物进行熏气, 观察它们在不同浓度下的反应, 确定他们的受害临界值(即引起植物危害的最低浓度和接触时间)。临界值低的便是敏感的植物。此法选择大气污染指示植物的一个重要方法。

优良的指示植物除必须具有对污染物较强的敏感性外, 最好还应具有下列优点: (1)受害症状明显, 干扰症状少; (2)生长期长, 能不断发出新叶; (3)栽培管理和繁殖容易; (4)有一定经济价值或观赏价值。

根据本所近年来的调查和试验, 结合国内外有关资料, 将部分敏感植物列于下表。

表 1 对各种污染物敏感的一些植物

污染物质	植 物 种 类
SO ₂	紫花苜蓿、向日葵、胡萝卜、莴苣、芝麻、棉花、大麦、大豆、小麦、黑麦、三叶草、菜豆、花椰菜、甘薯、莴菜、笋瓜、苦苣菜、茺菁、菠菜、辣椒、牵牛花、大波斯菊、百日草、紫茉莉、矢车菊、东北莖菜、香豌豆、马鞭草、土荆芥、紫苏、车前、皱叶酸模、美洲豚草、荞麦、多刺莴苣、五花桃草。
HF	唐菖蒲、郁金香、金荞麦、金线草、玉米、玉簪、杏、葡萄、李、美洲五针松、欧洲赤松、雪松、花旗松、落叶松、洋李、北美云杉、桉叶碱、匍匐十大功劳。
Cl ₂	苜蓿、荞麦、玉米、烟草、洋葱、萝卜、千日红属、石茅高粱、繁缕、掌叶莖菜、欧洲樱草、香水月季、桉叶碱、欧洲七叶树、糖槭、沼生栎、美洲五针松、美洲橡木、女贞属、臭椿、油松、桃。
HCl	莴菜、蕃茄、落叶松的一种、李属、槭属、芙蓉属。
NO ₂	菜豆、向日葵、莴苣、烟草、秋海棠、朱槿、悬铃木。
O ₃	烟草、矮牵牛、马唐、雀麦、花生、马铃薯、燕麦、洋葱、萝卜、女贞、银槭、梓树、皂荚、丁香、葡萄、紫玉兰、牡丹、梨。
PAN	早熟禾、繁缕、矮牵牛、菜豆、莴苣、小荨麻、燕麦、蕃茄、芥菜。
乙烯	菜豆、香石竹、棉花、豇豆、黄瓜、万寿菊、桃、豌豆、甘薯、蕃茄、心叶喜林芋。
H ₂ S	大叶紫菀、荞麦、三叶草、黄瓜、藜、墙生藜、罌粟、萝卜、烟草、蕃茄。
NH ₃	芥菜、向日葵。
汞蒸气	块根马利筋、菜豆属、向日葵属、女贞属、绣球花属。

三、利用指示植物监测大气污染的方法

(一) 调查植物的表现: 在需要监测的地区, 通过调查植物的急性受害症状和生长发

育情况,估测该地区的大气污染程度。

1. 调查急性受害症状: 大气污染引起的植物急性受害症状比较明显, 肉眼容易观察, 将调查地点按距污染源的远近划分为若干小区, 统计各小区内敏感性不同的植物的受害程度, 然后评定各小区的污染度等级, 绘出污染分布图。

在调查中, 植物的急性受害症状易与病虫害、冻害、微量元素缺乏、肥料不足、自然老黄等症状混淆, 因此给调查带来一定困难。但只要掌握大气污染引起植物受害的一些特点, 是不难将它们区别开的。其主要特点有: (1) 受害植物通常呈扇状、条带状或片状分布于污染源的下风向, 受害植物只出现在一定范围内。(2) 植物受害程度常因种类、位置等不同而有较大的差异。如同一株树中、上部受害重, 下部受害轻; 迎风面受害重, 背风面受害轻; 外面的叶片受害重, 里面的受害轻; 离污染源近的受害重, 远的受害轻; 障碍物前面的受害重, 后面的受害轻。(3) 危害不局限在一种植物上, 而是涉及到各类植物(包括农作物、草本和木本植物)。如果在野外出现上述几种情况, 就存在着大气污染危害的可能性, 只要进行细致的调查和综合分析, 是不难得出正确的结论的。

调查的植物对象可根据实际情况灵活掌握。日本有人主张用蔬菜为对象, 因为蔬菜种类多, 且蔬菜地开阔无阻挡, 接触有害气体比较均匀, 生长条件比较一致, 便于比较。美国有人用比农作物更敏感的植物(如某些田间杂草), 作为判断农作物受害的预报指标。以树木作为调查对象也有其优点, 因树木多年生长在同一地点, 可以连续监测一个地区的长期变化情况。如我国某些地区的雪松每年春季都因受有害气体影响而针叶发黄, 根据它的表现, 可以监测污染状况。另外, 有些树木的叶子受污染后很易脱落, 观察起来十分方便。例如 1970 年夏, 日本东京附近榉树不断地大量落叶, 研究证明, 是由光化学烟雾污染引起的。此后, 榉树便成为日本常用的光化学烟雾污染的指示植物了。

2. 调查植物的生长量, 大气污染引起植物的慢性受害, 主要表现在生长量的变化上。调查污染区内一些树木的衰退情况, 每年选取同样的植株, 测定一年生枝条长度、叶片大小等指标进行比较, 便可了解污染的影响强度。

3. 测量年轮。在污染区选定一些树木, 用生长锥取出树干年轮样品, 测量每年年轮的宽度。从年轮宽度的变化情况, 估计历年污染的程度(估测时要注意排除气候因子等对年轮的影响)。

(二) 指示植物定点监测法: 为了较准确地监测空气污染, 可用选定的指示植物进行定点监测。其方法是在没有污染的地方预先培育指示植物(一般用盆栽), 生长一定时期后, 将其移到监测地区的不同监测点上, 定期观察记载受害症状及其受害度, 以此估测该地区的大气污染状况。如本所用唐菖蒲监测磷肥厂的氟污染, 其结果与大气取样分析具有明显的相关性。1958 年美国用早熟禾和矮牵牛监测空气中有毒污染物质的相对浓度。他们先将植物栽于控制条件下, 然后同时运送到洛杉矶市的各监测点, 放在专门的暴露小室内暴露, 在接触 24 小时后送回过滤的空气小室中, 观察其症状的发展, 最后统计植物的受害面积以判定各地的大气污染程度。

近年来, 有些国外研究者发现烟草对大气中的氧化物质(Oxidant)十分敏感, 认为它是一种很好的大气污染监测植物。因为烟草在整个生长期中能不断地长出新叶, 不同成熟度的新叶片敏感性不同, 而同一生长阶段的叶片敏感性一致, 同时新老伤斑具有明显区别, 因此, 它已广泛地被用来监测大气的光化学烟雾污染。

(三) 植物体内污染成分分析监测法: 植物的叶片能够通过气孔吸收并积累大气中的污染物, 分析累积在叶片中污染成份的含量, 便可估测大气污染度。此法较精确, 可靠性大。氟不是植物必需的元素, 它在植物体内的含量比较低, 通常都在 25ppm 以下, 个别植物如山茶老叶中氟的正常含量可达 1600ppm。植物的叶片从大气中吸收的氟, 一般主要积累在叶中, 而不转移到其它部分。植物的根从土壤中吸收的氟也很少向叶片转移。因此, 凡是测出叶片中有较高的氟含量, 便表明空气中存在着氟污染。

植物叶片中的含氟量与其受害度密切相关。如日本水稻出现明显被害症状的地区其氟的含量在 100ppm 以上; 在中度污染地区其氟含量为 50ppm; 在水稻未出现可见症状的地区其氟含量为 20—30ppm。本所分析了唐菖蒲的受害度和含氟量的关系也得到了同样的结果。受害叶面积为 19.6% 时, 该地区氟含量为 23.5—37ppm, 受害叶面积为 28.6% 时, 其含氟量为 50—60ppm。美国在加州进行了多年的柑桔叶片含氟量的调查, 并以此作出了全州范围内污染状况的报告。

植物体内硫的含量在正常情况下一般为 0.1—0.3%, 受二氧化硫污染后, 叶片吸收的二氧化硫大部分以无机态的硫酸盐形式积累起来。因此, 当叶中检出较高的含硫量时, 便表明空气已受二氧化硫的污染。在分析含硫量时, 最好能测定叶片中的水溶性硫。这种硫在叶中的含量很少, 如梨树为 0.012%, 只有全硫量的十分之一。如果水溶性硫增加, 判定是由大气污染所致的可靠性更大。但水溶性硫的测定比较复杂, 一般分析全硫量亦能说明问题。

叶内污染物质的积累量与叶片着生部位、植物种类、生理活动强度、叶龄等有关。因此, 在采集植物样品时应注意以下几点: (1) 分析用的植物种类或品种要一致; (2) 采叶枝条的着生位置和方位要一致; (3) 叶位、展叶期或成熟度要一致; (4) 常绿树要区别当年生和两年生叶。

(四) 利用地衣监测大气污染: 地衣是藻类和真菌的共生体, 对大气污染很敏感。空气中极少量的污染物质即影响其生长发育, 污染严重时可使之死亡。死亡率和大气污染物质的浓度密切相关。它是一种良好的大气污染指示植物。近二、三十年来国内外已开始应用, 取得了较好的监测效果。地衣监测主要有以下两种方法。

1. 调查污染区的地衣种类、数量、分布及含污量: 将需要监测的地区分成若干小区, 在各小区内选择一些标准树(一般选择树干上着生地衣丰富的植株), 然后统计并比较距地面一定高度范围内(一般 1.0—2.0 米)树干上是否着生地衣和各种地衣的数量, 据此确定各个小区大气污染的程度。

云南林学院于 1974—1975 年进行了该项研究, 也发现地衣的种类、分布和数量与大气污染程度密切相关。

英国有人从一个城市的中心向市郊沿直线进行地衣的调查(样线调查), 发现接近市中心的地衣种类、数量、复盖度等都有明显的减少。在一些工厂附近出现了“地衣沙漠区”(即无任何地衣生长), 而郊区则相反。这说明郊区的空气污染比市区轻。

许多国家如日本、英国等不少研究者在一些地区和城市绘制了反映空气污染的地衣分布图。这种图具有简单明瞭的优点。

2. 移植地衣监测法: 此法是把一种生长在树干上的敏感的地衣连同树皮一起切下, 然后用胶或蜡固定在木质的盘上(每盘可放十个地衣叶状体), 将它们移植到需要监测的地点, 定期观察地衣受害情况并统计受害面积。根据地衣受害情况可估测大气污染度。云南林学院环境保护组曾用此法监测大气污染。

在植物监测中,由于监测工具是活的有机体,某些环境条件及植物本身的生长发育状况都会影响监测结果,因此,需加以认真分析。此外,植物监测本身也还有许多问题需要进一步研究,如怎样利用植物来定量监测大气污染程度;在复合污染情况下,如何监测出各种污染物;大气污染指示植物的症状学、监测机理以及选育对各种污染物特别敏感的优良指示植物等。

参 考 文 献

- {1} 江苏省植物研究所,城市绿化与环境保护,中国建筑工业出版社,1977年。
- {2} 江苏省植物研究所,环境保护(双月刊),6,2—4,1977年。
- {3} Jacobson, J. S. *et* Hill, A. C., Recognition of Air Pollution Injury to Vegetation: A Pictorial Atlas, (1970).
- {4} Nash, T. H., Air Pollution and Lichens, pp. 192—223, (1973).
- {5} Heck, W. W., International Symposium on Identification and Measurement of Environmental Pollutants, pp. 320—324, (1971).
- {6} 埴田宏,环境污染と指标植物(日), pp. 122—140, (1974).
- {7} 坂井弘,农业公害ハンドブック(日), pp. 42—50, (1974).
- {8} 埴田宏,环境与生物指标 1—陆上编—(日), pp. 53—66, (1975).

.....

(上接第6页)

(1) 国家河流质量统计网: 该网已建成 525 个站,把全国划分为 21 个区和 324 个水质统计单元。在一些河流的上下游建立永久性的监测站。这是为了解和分析全国水质和水量的变化趋势,为制定规划、土地利用研究等方面提供依据的,利用所测得的数据制成全国水系污染图。

(2) 国家水文基准点网: 这是为了掌握水质环境的背景值而建立的网点,以此研究人类活动对水文环境的影响。对全国 7000 多条大小河流进行采样分析。此外还对全国河流中总沉积物和总溶解固体物进行测定和计算。

(3) 国家水质警戒系统: 1974 年开展这项工作,建立了 70 个监测点。在排放区的上下游各设立一个监测站。三分之一的监测站设在小溪上,三分之一设在中等河流,三分之一设在大河上。监测 30 多项水质参数。

日本在 1973 年全国监测网中监测与健康有关的监测点有 4345 处,测定与生活环境项目有关的监测点共有数千处,到 1974 年环境厅系统的监测站已有 61 处,建设部系统的自动监测站有 101 处,地方公共团体设置的有 70—80 处,全国合计有 230—240 处。东京都的水质自动监测系统是日本最早建立的水质自动监测系统。它由一个监测中心和 27 个测定站组成的,已实现了监测电视化,整个系统平时由 6 个人管理。