

模拟酸雨对青菜和莴苣生长的影响*

张延毅 郭德惠

(湖北大学)

EFFECTS OF SIMULATED ACID RAIN ON GROWTH OF *Brassica chinensis* AND *Lactuca sativa*

Zhang Yanyi Guo Dehui

(Hubei University, Wuhan)

Abstract

In the experiment, *Brassica chinensis* and *Lactuca sativa* were potted outdoor, and the effects by simulated acid rain were measured. The PH values of the simulated acid rains were 4.5, 3.5, 3.0 and 2.0 respectively.

It was shown that visible injurious symptoms on both plants by the simulated acid rain were observed in PH 2.0 group only, visible foliar injury on other groups have not been observed, although there were some damages regarding other indeces.

The PH of leaves of both plants changed within 6.5-5.75 and 6.34-5.34, cell permeability within 142.5-447.8 and 69.0-163.5 $\mu\Omega^{-1}$, total chlorophyll content within 0.851-0.247 and 0.870-0.190mg/g(fresh weight); soluble sugars within 1.60-0.71%(fresh weight, both leaves and stalks average) and 2.45-0.55% (fresh weight, stems) respectively. Phvalue, total chlorophyll content and soluble sugars of leaves decreased with increased rainfall acidity, but cell permeability of leaves increased with increased rainfall acidity. It was showed that simulated acid rain had decreased their quality.

The fresh weight of *Brassica chinensis* decreased 5.33%, 8.48%, 23.48% and 53.25% respectively; and the fresh weight of *Lactuca sativa* decreased 8.50%, 14.04%, 18.94% and 62.13% respectively. The production of *Brassica chinensis* and *Lactuca sativa* decreased with increased rainfall acidity significantly.

模拟酸雨对蔬菜作物的影响，国外以Lee等的试验最具有代表性，他们对蔬菜作物进行了4~6周的模拟酸雨处理，观察了作物受害症状和对产量的影响^[1]，Lance

S. Evans等对莴苣等进行了模拟酸雨处理与不受酸雨处理比较试验^[2]；国内李正方、高绪平等对蔬菜种子发芽和蔬菜作物早期生长影响进行模拟酸雨处理试验。他们在试验中均发现硫酸水对蔬菜作物造成的危害最为严重^[3,4]。

* 收稿日期：1985年2月11日

• 文中照片由贺中一同志拍摄

青菜和莴苣生长期气象条件和酸水喷雾量及喷雾时间

表 1

时 间	气 象 条 件				日平均喷 雾酸水量 (mm)	日平均喷雾时间 (min)
	日平均气温 (°C)	日平均蒸发量 (mm)	日平均降水量 (mm)	多年日平均降水量 (mm)		
1984年1月	2.58	1.22	1.14	1.13	2.32	3~5
2月	3.82	1.66	0.84	1.97	2.44	5~7
3月	11.14	2.57	1.80	3.33	2.89	7
4月	16.88	3.03	3.41	4.67	4.89	10

本文将报告模拟酸雨对青菜和莴苣的伤害程度、可溶性糖分的含量、产量以及一些生理指标等的影响。

一、材料和方法

(一) 材料

供试作物青菜 (*Brassica chinensis*) 和莴苣 (*Lactuca sativa*) 的幼苗于1983年11月28日移栽到pH值为7.54的黄棕壤盆钵内，按常规盆栽管理。1983年12月28日根据长势分组(每组两盆)后进行模拟酸雨处理。供试酸水是根据1983年实测武汉大气降水中硫酸根、硝酸根和氯离子含量^[5]的重量比($\text{SO}_4^{2-}:\text{NO}_3^-:\text{Cl}^- = 72:6:22$)配制成混合稀酸液，再用此酸配制出pH值4.5、3.5、3.0及2.0系列酸水，并以未加酸的水作对照。

(二) 方法

1. 按表1规定的条件，以喷雾法^[4]供试酸水，但当pH为2.0的组斑点伤害症状严重时，就改用浇洒法供试酸水。每次喷雾时间与喷雾量见表1。

实验期间，青菜和莴苣植株没有接受过自然降水。

2. 模拟酸雨剂量对青菜植株叶片的试验。

自然降水(包括酸雨)过程往往历时长、雨量大。为了模拟这种状况对青菜植株叶片可能产生的伤害程度，于青菜收割前，

按表2条件对各组进行模拟酸雨喷雾剂量(喷雾时间×pH值)试验，每小时喷雾量约为45mm。24小时后观察植株叶片受害症状。

青菜植株叶片对喷雾剂量的反映 表 2

项 目	喷 雾 液 pH 值			
	4.5	3.5	3.0	2.0
喷雾时间(h)	10	9	8	2.5
植株叶片受害症状	图3~2	图3~3	图3~4	图3~5

(三) 测定项目和方法

1. 叶片汁液pH值的测定

青菜和莴苣收割前，采新鲜同位叶片，纯水洗净，滤纸吸干水分。称取处理好的叶样5g研磨成浆糊状，加纯水30ml拌匀，取其滤液在pHS-2型酸度计上测定其pH值。

2. 细胞透性的测定

前处理与1同，然后取处理好的叶样，制成1.1cm直径的圆片，取25片，洗净切口汁液，用滤纸吸干水分，置于碘量瓶中，加纯水30ml，振荡3小时，放置1小时，取其清液，在DDS-11型电导仪上测定其电导度($\mu\Omega^{-1}$)。

3. 叶绿素含量的测定

取同上处理好的叶样，用80%丙酮提取，以Arnon(1949)报导的方法^[6]，计算叶绿素的含量。

4. 可溶性糖分的测定

取处理好的叶样，用蒽酮比色法测定青菜和莴苣食用部分的可溶性糖分含量。

二、结 果

(一) 青菜和莴苣叶片受害症状程度对喷雾液pH值的反应

1. 对喷雾液pH值的反应

按表1条件喷雾处理的青菜和莴苣植株，其pH2.0组的叶片均出现可见斑点状伤害。青菜叶片的可见伤害，初期仅在叶脉间出现少数细小泛白斑点，随着喷雾处理的继续进行，斑点逐步增多，以至连成片，呈块状伤痕，颜色变成棕黄色（图1-1）。图1-2是青菜经喷雾与浇洒交替供酸水后又继续进行了一段时间喷雾处理，所以受害症状就更加严重，不仅伤斑连成片呈块状，而且叶脉上也出现斑伤。莴苣的伤害症状多表现为叶片逐步缩小，边缘出现伤斑，呈枯萎状（图2-1, 2）。喷雾时间越长，受害症状就越严重。为了不致使植株过早地受害死亡，曾采用喷雾与浇洒交替供酸水的处理方法。长出的叶片与其它各组同位叶片比较要小得多（图1、2-3）。除pH2.0组外，其余各组的植株叶片均未出现斑点状伤害。pH3.5和pH3.0组与对照组相比，植株叶片的绿色要浅，叶片质地要薄；而pH4.5组与对照之间则目测不出什么差别，说明喷雾液pH值的大小是使植株叶片呈斑点伤害症状的决定性因素。



图1 模拟酸雨处理后青菜植株叶片出现的症状

1, 2, 3—pH2.0组，其中1, 2为喷雾处理，3为浇洒处理；4—pH3.0组；5—对照



图2 模拟酸雨处理后莴苣植株叶片出现的症状

1, 2, 3—pH2.0组，其中1, 2为喷雾处理，3为浇洒处理；4—对照

2. 对喷雾剂量的反应

按表2规定条件对青菜植株叶片喷雾处理后24小时观察到的结果：pH3.5、pH3.0及pH2.0组均出现程度不同的斑点伤害症状，pH2.0组最为严重；pH4.5组有失水现象，叶片外卷（图3-2）。说明了植株叶片伤害程度和症状与接受的模拟酸雨喷雾剂量的大小也有很密切的关系。用浇洒法供pH2.0组酸水的植株叶片不出现斑状伤害。说明植株在酸性环境下暴露的时间越长（即喷雾剂量越大），受害程度和症状就越严重。



图3 按表2条件喷雾处理青菜植株后，24小时出现的症状

1—对照；2—pH4.5；3—pH3.5；4—pH3.0；
5—pH2.0

(二) 青菜、莴苣的叶片细胞透性和pH值对喷雾液pH值的反应

通常，降雨或浇水时，各种物质便从植

物的叶、茎中析出，而酸性降水则能大大加剧这个过程。植物细胞是一个渗透系统，当植物处于逆环境条件下，不良的环境首先刺激于细胞膜^[7]。细胞膜一旦被伤害，细胞内电解质就容易外渗^[8]。从表3中看出，青菜和莴苣叶片外渗液电导度($\mu\Omega^{-1}$)是随喷雾液pH值下降而上升。其变化范围：青菜为142.5~447.8($\mu\Omega^{-1}$)，pH3.0组是对照组的1.6倍左右，而pH2.0组竟是对照组的3倍多；莴苣的变化范围为69.0~163.0($\mu\Omega^{-1}$)，pH3.0组是对照组的1.5倍，pH2.0组则是对照组的2.4倍。本实验条件下，喷雾液pH值大于或等于3.0的各组，青菜和莴苣叶片均未出现斑点状伤害，pH2.0组的斑点伤害则十分严重。因此测定叶片外渗液

电导度的大小，就可以了解到细胞膜受伤害的程度。叶片细胞膜受伤害后，电解质大量外渗，引起离子平衡失调，代谢紊乱，严重时导致细胞解体，以至死亡，呈现出斑点伤害症状。所以植株叶片细胞透性的大小是衡量植株受伤害程度的一个指标。

细胞膜是代谢的界面，为细胞内外物质交换的渠道。从表3中可以看出青菜和莴苣叶片的pH都随着喷雾液pH值的降低而降低，其变化范围分别为6.44~5.75和6.34~5.24。植株叶片汁液pH值的降低，反映了经不同pH值处理的植株叶片“吸收”了喷雾液中氢离子。酸性环境加剧了植株叶片细胞内电解质、特别是阳离子的大量析出^[9]。析出的机理是叶片角质层中的阳离子与喷雾

喷雾液pH值对青菜、莴苣叶片细胞透性和pH值的影响

表3

名称	测定日期	测定项目	对照	喷雾液pH值			
				4.5	3.5	3.0	2.0
青菜	1984年3月19日	叶外渗液电导度($\mu\Omega^{-1}$)	142.5	175.7	204.3	226.4	447.8
		叶片汁液pH值	6.53	6.44	6.37	6.33	5.75
莴苣	1984年4月21日	叶外渗液电导度($\mu\Omega^{-1}$)	69.0	76.0	83.0	97.0	163.0
		叶片汁液pH值	6.34	6.13	6.10	5.98	5.24

喷雾液酸度对青菜、莴苣的叶绿素和糖分含量的影响

表4

蔬菜名称	测定日期	测定项目	对照	喷雾液pH值			
				4.5	3.5	3.0	2.0
青菜	1984年3月24日	叶绿素总量	0.851	0.796	0.756	0.590	0.247
		叶绿素a 叶绿素b	1.781	1.783	1.769	1.744	1.076
		可溶性叶	1.28	1.14	1.08	0.83	0.59
		糖分梗	1.92	1.80	1.74	1.54	0.83
莴苣	1984年4月24日	叶绿素总量	0.870	0.797	0.624	0.391	0.192
		叶绿素a 叶绿素b	1.677	1.596	1.589	1.589	1.461
		可溶性糖分	2.45	2.20	2.05	1.59	0.55

(单位：叶绿素mg/g；糖分%；鲜重)

液中的氢离子进行交换(置换)反应的结果^[10]。喷雾液pH值越小，酸性越大，越有利于这种交换反应的进行。可见喷雾液中的氢离子对叶片细胞膜的伤害起到了决定性的作用，因此植株叶片汁液pH降低值也是衡量植株受伤害程度的一个指标。

苏联学者曾发现酸性湿沉降通过小麦植被后，湿沉降的pH值升高了^[11]。显然他们的工作从另一方面证明了植株能“吸收”湿沉降中的氢离子。

(三) 喷雾液pH值对青菜、莴苣的叶绿素和糖分含量的影响

青菜和莴苣经不同pH值的喷雾液处理后，叶绿素a和叶绿素b的比率、叶绿素总量和可溶性糖分的含量都受到明显的影响。从表4中可以看出，它们都是随喷雾液pH值降低而减少。叶绿素组成比率的变化在可见伤害状态下比较明显，说明叶绿素a比叶绿素b分解得快。叶绿素组成的分解，势必影响到叶绿素总量的减少，其变化范围为0.851~0.247mg/g(青菜)、0.870~0.192mg/g(莴苣)。叶绿素总量与对照组相比：当喷雾液pH值为3.0时，青菜是69.33%，莴苣是44.94%；当喷雾液pH值为2.0时，青菜是29.02%，莴苣是22.07%。

叶绿素将二氧化碳和水合成有机物贮藏在植物体内，糖类则是主要的贮藏物质之一。对于蔬菜来说，可溶性糖分是主要营养成分之一，其含量可作为评价蔬菜作物品质优劣的一个指标。经不同pH值喷雾液处理的青菜和莴苣植株体内含糖量发生显著变化。从表4可知，青菜和莴苣的含糖量均随喷雾液pH值降低而降低，含糖量的变化范围分别为1.28~0.59%(青菜叶)、1.92~0.83%(青菜梗)和2.45~0.55%(莴苣茎)。pH3.0的组，青菜和莴苣的植株叶片都没有出现斑状伤害，其糖分含量与对照组相比，分别为对照组的四分之三(青菜叶和梗)和三分之二(莴苣茎)左右；而pH2.0

的组则下降得更多，分别为对照组的五分之二和五分之一左右。

(四) 喷雾液对青菜和莴苣产量的影响

青菜接受喷雾处理的时间为三个月，莴苣为四个月。收割后，将其地上部分分组，称出其鲜重(见表5)。

喷雾液酸度对青菜莴苣地上部分收获量
的影 响

(单位：g/株，鲜重) 表5

收割日期	蔬菜名称	对照	喷 雾 液 pH 值			
			4.5	3.5	3.0	2.0
1984年 3月30日	青 菜	253.5	240.0	232.0	194.0	118.5
1984年 4月30日	全 重	273.8	258.8	241.5	218.0	111.0
	莴 苣					
	茎 重	235.0	215.0	202.0	190.5	89.0

从表5中可知，青菜和莴苣的产量(鲜重)随喷雾液pH值减少而下降，其变化范围，分别为对照组的94.67~46.75%(青菜)和94.52~40.54%(莴苣全重)、91.50~37.87%(莴苣茎重)。青菜和莴苣全重的收获量与对照组相比基本一致，而莴苣茎的收获量则差别较大。喷雾液pH值大于或等于3.0的各组，这种变化并不很显著，青菜为94.67~70.52%，莴苣为94.52~79.62%，最低产量尚可达对照组的四分之三左右；而当喷雾液pH值为2.0时，则对产量的影响十分显著，两种蔬菜的收获量均不到对照组的二分之一。喷雾液pH值为3.0时开始发生明显变化，这与植株叶片受害症状、pH值、细胞透性、叶绿素以及可溶性糖分含量的变化趋势基本一致，这充分表明了喷雾液pH值对植株的影响是多方面的。由于喷雾液pH值伤害了植株叶片，使叶片细胞透性增大，pH值降低，破坏了离子平衡，新陈代谢发生紊乱，叶绿素组分分解，植株光合作用降低，进而影响到贮藏物质的形成，最终使作物产量降低。

三、结语

(一) 对青菜和莴苣整个生长过程中所作的不同pH值酸水喷雾处理试验, 可得到如下结论: 随喷雾液pH值降低, 植株叶片伤害程度加重, 酸度和细胞透性增大, 叶绿素总量和可溶性糖分含量减少, 产量下降。喷雾液pH值大于和等于3.0的几组, 其影响不甚明显; 而pH等于2.0的组则影响非常显著。

(二) 本试验条件下, 喷雾液pH值大于和等于3.0的几组试验, 虽然青菜和莴苣的品质、产量都有所下降, 但从外观上看仍不影响其上市流通; 而pH等于2.0的组, 尽管试验过程中采用了喷雾和浇洒交替供水处理, 然而由于伤害极其严重, 呈枯萎状, 则不能上市流通。

参考文献

- [1] Lee, J.J. et al., Environmental and Experimental Botany, 21(2), 171~185(1981).
- [2] Lance, S. Evans. et al., Environmental and Experimental Botany, 22(4), 445~453(1982).
- [3] 高绪平等, 环境污染与防治, 2, 1~3(1983).
- [4] 李正方等, 中国环境科学, 3(6), 11~14(1983).
- [5] 张延毅等, 武汉师范学院学报(自然版), 1, 103~109(1984).
- [6] 华东师范大学生物系植物生理教研组, 植物生理学实验指导, 78~88, 人民教育出版社1980.
- [7] 余叔文等, 植物生理学报, (5), 403~409(1979).
- [8] 祝宗岭等, 植物生理学通讯, (1), 54~58(1982).
- [9] 卞沫梅等, 植物生理学通讯, (1), 41~45(1982).
- [10] 卢家绩, 产业公害, 19(5), 20~28(1983).
- [11] Булаткин, Г.А., 酸雨, (3), 20~21(1984)
(沈慰曾译).