

模拟酸雨对杂交稻 常规稻 野生稻影响的研究

黎华寿¹, 聂呈荣^{1,2}, 胡永刚¹

(1. 华南农业大学热带亚热带生态研究所, 广东 广州 510642; 2. 佛山科学技术学院作物遗传育种研究所, 广东 佛山 528231)

摘 要: 采用与研究区自然降雨的离子组成相近的不同 pH 值模拟酸雨, 在营养生长期对栽植于试验小区的杂交稻、常规稻和野生稻进行了喷淋试验。结果表明, 经不同浓度的酸雨喷淋后, 杂交稻、常规稻和野生稻的叶片叶绿素含量、叶片相对电导率和产量性状等均发生了改变。pH 值大于或等于 3.5 的酸雨对杂交稻、常规稻和野生稻的叶片叶绿素含量、叶片相对电导率和产量性状没有显著影响; pH 值小于 3.5 的酸雨对杂交稻、常规稻和野生稻的叶片叶绿素含量、叶片相对电导率和产量性状的影响达到显著或极显著水平。其中酸雨对各生态型稻种细胞膜透性的影响程度为: 常规稻> 野生稻> 杂交稻; 对叶绿素含量影响程度为: 杂交稻> 常规稻> 野生稻; 对经济产量的影响程度为: 常规稻> 杂交稻。

关键词: 模拟酸雨; 杂交稻; 常规稻; 野生稻

中图分类号: X517, S131.1 **文献标识码:** A **文章编号:** 1672 – 2043(2004)02 – 0284 – 04

Effects of Simulated Acid Rain on Hybrid, Common and Wild Rice Varieties

LI Hua-shou, NIE Cheng-rong, HU Yong-gang

(1. Institute of Tropical and Subtropical Ecology, South China Agricultural University, Guangzhou 510642, China; 2. Agronomy Speciality office, Foshan University, Foshan 528231, China)

Abstract: Simulated acid rains with various acidities were sprayed over foliage of two cultivated rice variety species and wild rice during vegetative stage. The result showed that the sprayed acid rain affected external osmotic ratio of electrolyte, chlorophyll content and the yield. When pH value was higher than 3.5, the acid rain had no significantly effect on external osmotic ratio of electrolyte, chlorophyll content and yield, while it did significantly effect when the pH value was lower than 3.5 for the simulated acid rain. In terms of degrees for the effects with the different ecotype rices, we found that for the external osmotic ratio of electrolyte: common rice> wild rice> hybrid rice; for chlorophyll contents: hybrid rice > common rice> wild rice; and for the yield: common rice > hybrid rice, respectively.

Keywords: simulated acid rain; hybrid rice; common rice; wild rice

酸雨被公认为是全球最严重的环境问题之一, 随着生态学、环境学以及污染气象学等学科的发展, 人们对酸雨的认识和研究日益深入。我国也是一个遭受酸雨危害的国家^[1, 2], 目前酸雨面积已扩大到国土总面积的 40 %; 全国降水年平均 pH 值小于 5.6, 酸雨频率大于或等于 50 % 的降水面积约为 65 万 hm² (约占我国国土总面积的 6.8 %), 大都分布在人口集中、工农业生产较发达的沪杭、四川盆地、闽粤沿海、湘、鄂、赣等地^[3~6]。酸雨对我国农业生产和农业生态综

合危害严重^[7, 8]。我国酸性降水中硫酸根与硝酸根的当量浓度之比大约为 64:1, 大量的 SO₂ 排放是降水呈酸性的主要原因之一。2000 年我国 SO₂ 排放量达 1 995 万 t, 居世界前列。我国长江以南 7 省 (苏、浙、皖、闽、湘、鄂、赣) 是酸雨的主要分布区, 受酸雨影响的主要农作物耕地面积每年达 991.83 万 hm², 成为继欧洲、北美之后世界第 3 大酸雨区。根据“七五”和“八五”的部分研究成果估算, 仅因酸沉降引起的森林木材蓄积量减少和农作物减产所造成的直接经济损失每年分别高达 44 亿元和 51 亿元人民币, 按木材经济损失与森林生态效益的经济损失比例为 1:8 估算, 南方因酸雨年生态经济效益损失约为 459 亿元^[3]。我国华南沿海地区经济发达, 随着沿海地区经济发展战

收稿日期: 2003 – 09 – 11

基金项目: 广东省农业厅、财政厅科技专项“广东省高州野生稻保护与开发利用研究”资助项目

作者简介: 黎华寿 (1964—), 男, 副教授, 在职博士生。

E – mail: lihuashou@ scau. edu. cn

略的实施和能源工业的加速发展,酸雨形势仍然十分严峻。

有关酸雨成因及其环境生态效应等方面的研究较多,酸雨对作物危害的研究结果表明,当酸雨 pH 达到一定的阈值时,将破坏植物的微结构,降低叶绿素含量和光合速率,出现可见受害症状,阻碍生长发育。酸性较强的酸雨甚至引起植物组织的伤害或坏死^[1,91],导致减产和品质的下降^[7~11]。水稻是世界主要粮食作物,用模拟酸雨处理早稻种子及幼苗,其萌发率和种子活力都明显下降,幼苗叶片受到明显伤害^[10, 121],酸雨对水稻叶绿素含量以及叶片光谱反射特性也有较大影响^[12~14]。然而,酸雨对杂交稻、常规稻、野生稻影响的比较仍未见报道。

由于普通野生稻与亚洲栽培稻的可交配性,已被公认为亚洲栽培稻的原始祖先,是研究稻种起源、演化和分类的宝贵物种资源,是水稻育种和生物技术研究的重要基础,但目前普通野生稻濒临灭绝的趋势仍然越来越严峻,亟待加强其濒危机理的研究,并采取切实可行的措施加以保护^[15]。我国普通野生稻均分布于南方酸雨区,探讨酸雨是否直接影响野生稻的生存,对野生稻利用和保护具有直接意义。为此,本文就酸雨对杂交稻、常规稻、野生稻叶片电解质外渗率、叶绿素含量以及产量的影响作初步探讨,并在此基础上讨论不同生态型稻种抗酸雨能力的差异,为水稻逆境生理、抗性(酸)育种和野生稻濒危物种保护提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 模拟酸雨制备

采用与研究地区自然降雨化学成分相近的模拟酸雨,其电解质含量为: $K^+0.39\text{ mg} \cdot L^{-1}$, $Ca^{2+}1.12\text{ mg} \cdot L^{-1}$, $NH_4^+0.94\text{ mg} \cdot L^{-1}$, $Na^+0.36\text{ mg} \cdot L^{-1}$ 。用摩尔比为 5:1 的分析纯硫酸和硝酸混合液调节模拟酸雨所需的酸度,利用母液调配成不同的 pH 值,用 pH SH-4 型酸度计将去离子水配成 pH 为 4.0, 3.5, 3.0, 2.5 的 4 种不同酸度的模拟酸雨,并以 pH5.6 以上的蒸馏水为对照。

1.2 材料

本试验于 2001 年 8 月至 12 月在华南农业大学农场进行,分别以华杂华粘(杂交水稻)、粤香粘(常规水稻)和高州普通野生稻为研究材料。所用的野生稻秧苗为经营种茎扩种繁殖后的分蘖株,野生稻、常规稻和杂交稻秧苗同时插秧,每穴植双株,株行距为

20 cm × 30 cm。

1.3 试验方法

试验按随机区组设计,各品种设 5 个处理浓度(pH5.6, 4.0, 3.5, 3.0, 2.5),每处理重复 3 次。每个实验小区插植 4 穴,于水稻分蘖封行后的 9 月 14 日开始首次喷模拟酸雨,每个小区均匀喷施 800 mL 酸雨(CK 喷 pH5.6 的蒸馏水),以后每隔 4 d 喷一次酸雨,一共喷淋 6 次后调查取样测定。

1.4 测定项目及方法

1.4.1 电解质外渗率

使用 DDS-11 型直读式电导仪测定电导率,然后计算相对电导率。

1.4.2 叶绿素含量

按混合液测定法取样测定叶绿素含量^[16],所用试剂均为市售分析纯,所用仪器为 UV-2501 型紫外-可见分光光度计。

1.4.3 水稻理论产量

测定每个重复的穗粒数、结实率、千粒重,用产量 = 平均穗数 × 穗粒数 × 结实率 × 千粒重,估算水稻的理论产量。

2 结果与分析

2.1 模拟酸雨对杂交稻、常规稻、野生稻叶片的影响

2.1.1 叶片受害的症状表现

调查观察表明,模拟酸雨对叶片的伤害随着酸雨的酸度和处理次数的增加而加重。在用酸雨喷淋 2 次以后, pH4.0 处理与对照一样,未出现受害外表症状; pH3.5 的也仅有个别的叶片背面出现少量细小的白色斑点; pH3.0 和 pH2.5 处理的则有部分叶片背面出现红褐色、白色、黄色的叶斑,且 pH2.5 处理的叶片出现轻度萎蔫状。

经模拟酸雨喷淋 6 次以后, pH4.0 处仍与对照处理一样,未出现明显症状; pH3.5 的叶面上出现少量红褐色、白色的叶斑; pH3.0 的大部分叶片出现大片叶斑,叶尖萎蔫; pH2.5 出现大面积的叶斑,部分叶片枯死,植株长势明显衰弱。

2.1.2 酸雨对杂交稻、常规稻、野生稻细胞膜透性的影响

细胞质膜是活细胞与外界环境之间的界面和屏障,低温、高温、干旱、盐渍和酸雨等不良环境因素,均影响质膜的结构和功能而使质膜透性变大,从而导致电导率的升高。因此,叶片电解质外渗率,常被认为植物是否受到伤害的重要生理指标。表 1 是模拟酸雨处

表 1 模拟酸雨对杂交稻、常规稻、野生稻细胞膜透性的影响

Table1 Effects of simulated acid rain on leaf cell membrane permeability of the hybrid rice, common rice and wild rice, respectively				
稻种	叶片相对电导率平均值/%			
	酸雨 pH 值	5 次处理后 24 h 测	6 次处理后 24 h 测	平均
杂交稻	2. 5	60. 6* *	74. 2* *	67. 3* *
	3. 0	49. 2	53. 1*	51. 2*
	3. 5	40. 5	42. 0	41. 3
	4. 0	35. 2	31. 4	33. 3
	5. 6	39. 8	37. 3	36. 6
常规稻	2. 5	41. 9* *	48. 6* *	45. 3* *
	3. 0	39. 0* *	46. 5* *	42. 8* *
	3. 5	34. 0*	36. 4*	35. 2
	4. 0	23. 8	20. 4	22. 1
	5. 6	21. 4	20. 3	20. 9
野生稻	2. 5	91. 5* *	95. 2* *	93. 4* *
	3. 0	51. 4* *	56. 2* *	53. 8* *
	3. 5	41. 1	44. 4	42. 6
	4. 0	41. 9	40. 3	41. 1
	5. 6	38. 1	39. 5	41. 8

注: * * 为 $P < 0.01$, * 为 $0.01 < P < 0.05$ 。

理 5 次和 6 次后杂交稻、常规稻、野生稻的相对电导率。从中可以看出:①杂交稻、常规稻、野生稻经酸雨处理后,相对电导率均发生了不同程度的改变。其趋势是随着酸雨 pH 值的降低,相对电导率相应提高。②经 6 次酸雨处理后的相对电导率高于 5 次处理,表明酸雨对杂交稻、常规稻、野生稻的伤害在短时间内具有一定的叠加效应。③模拟酸雨对细胞膜透性的影响次序为:常规稻> 野生稻> 杂交稻。

2. 1. 3 酸雨对杂交稻、常规稻、野生稻叶绿素含量的影响

酸雨喷淋后,杂交稻、常规稻、野生稻叶绿素含量下降,其中 pH> 3. 5 的模拟酸雨处理与对照差异不显著,pH3. 0 喷淋后杂交稻、常规稻的叶绿素含量与 CK 差异显著,而野生稻的则与对照(CK)差异不显著。pH2. 5 酸雨处理后叶绿素含量显著降低。可见酸

雨对不同生态型稻种的叶绿素含量影响次序为杂交稻> 常规稻> 野生稻,见表 2。

酸雨喷淋后,杂交稻、常规稻、野生稻的叶片净光合速率下降、蒸腾作用减弱,叶绿素含量降低是其中重要的原因。

2. 2 酸雨对杂交稻、常规稻产量的影响

野生稻具有边开花边抽穗边成熟边落粒的特性,结实粒极低,无法调查其结实产量,因此本试验只调查了酸雨对杂交稻、常规稻各处理产量的影响。

水稻的产量是由单位面积上的有效穗数、每穗颖花数(总粒数)、结实率和千粒重 4 个因素构成的^[12],表 3 是常规稻和杂交稻经酸雨喷淋后各处理相应的产量性状。从表中可以看出:①酸雨浓度由 pH5. 6 降低到 3. 0 时,水稻的穗粒数、结实数和千粒重变化不大,但当 pH 值降低到 2. 5 时,穗粒数急剧下降。② pH2. 5 的常规稻的理论产量比对照下降了 35. 27%,而 pH2. 5 的杂交稻的理论产量则比对照下降了 22. 86%,表明酸雨对常规稻产量的影响比对杂交稻产量的影响显著,说明杂交稻的抗酸雨能力优于常规稻。

3 讨论与结论

模拟酸雨对植株伤害的外部症状随着酸雨酸度和喷淋处理次数的增加而加重。其基本表现为叶片背面出现红褐色、白色、黄色的叶斑,特别是 pH2. 5 处理的叶片出现大面积的叶斑,部分叶片枯死,植株轻

表 2 酸雨喷淋 5 次后杂交稻、常规稻、野生稻叶绿素含量的影响

Table 2 Effects of simulated acid rain on chlorophyll contents of the hybrid rice, common rice and wild rice, respectively

处理	叶绿素含量平均值/mg · g ⁻¹		
	杂交稻	常规稻	野生稻
pH2. 5	4. 14* *	4. 79* *	4. 54* *
pH3. 0	4. 42*	4. 96*	5. 03
pH3. 5	4. 59	5. 39	5. 24
pH4. 0	4. 79	5. 40	5. 14
pH5. 6	4. 67	5. 44	5. 11

注: * * 为 $P < 0.01$, * 为 $0.01 < P < 0.05$ 。

表 3 酸雨处理对常规稻和杂交稻产量的影响

Table 3 Effects of simulated acid rain treatments on yields of both hybrid and common rices

稻种	处理	穗粒数/粒	结实率/%	千粒重/g	产量/kg·hm ⁻²
常规稻	pH5.6	194	86.93	15.91	6796.8
	pH4.0	188	87.14	15.56	6455.6
	pH3.5	184	86.58	15.29	6168.8
	pH3.0	171*	86.75	15.22	5724.3
	pH2.5	131**	86.69	15.19	4374.8
杂交稻	pH5.6	220	89.44	18.18	9049.0
	pH4.0	221	89.08	18.22	9083.9
	pH3.5	218	88.25	17.94	8743.5
	pH3.5	207*	89.00	17.86	8336.4
	pH2.5	174**	89.16	17.88	7025.1

注: **为 $P < 0.01$, *为 $0.01 < P < 0.05$ 。

度萎蔫状,长势明显衰弱。

植物细胞作为一个渗透系统,其代谢的界面就是细胞质膜。环境中的有害物质进入细胞时,首先必须通过并作用于质膜。而质膜一旦受到伤害,其透性就会增大,从而电解质外渗^[17-19]。据此推测酸雨对稻属植物的隐性伤害可能是存在的,并认为细胞膜透性在酸害研究中可作为一项较为可靠和灵敏的生理指标。可以认为细胞膜透性在酸害研究中可作为一项较为可靠和灵敏的指标。特别是野生稻受影响较大,说明酸雨等环境污染可能是野生稻濒临灭绝的原因之一。野生稻濒危的主要原因是人类活动导致野生稻的栖息环境缩小和恶化,南方酸雨污染的不断加剧是环境恶化的重要方面。

随着模拟酸雨 pH 值的降低,3 种稻属植物叶片的叶绿素含量呈显著下降趋势,叶片光合作用效率下降、蒸腾作用减弱。这与曹洪法等的研究结果水稻植株叶片的叶绿素含量在酸雨的酸度达到 pH2.0 时还受影响^[8]不符,有关酸雨对水稻叶片叶绿素含量和光合作用的影响,还有待进一步深入研究。

酸雨对常规稻产量的影响在 pH 值为 3.0 时已经达到极显著水平,而在同一酸度下,酸雨对杂交稻产量的影响只达到显著水平。在 pH 值为 2.5 时常规稻与杂交稻的产量分别比对照低了 35.27% 和 22.86%,表明酸雨对常规稻的影响大于杂交稻,常规稻抗酸雨能力弱于杂交稻。

上述初步研究的结论对水稻逆境生理、抗性(酸)育种和野生稻濒危物种保护及其利用具有一定的理论意义和应用价值。

参考文献:

[1] 冯宗炜. 酸雨对生态系统的影响[M]. 北京:中国科技出版社,

1993.
[2] 王文兴. 中国酸雨成因研究[J]. 中国环境科学,1994,15(4): 323-329.
[3] 陈复,柴发合. 我国酸沉降策略[J]. 环境科学研究,1997,10(1):27-31.
[4] 肖健. 漳州市雨水酸化过程初探[J]. 福建环境,1991,(4):19-22.
[5] 刘红杰,高金和,王玮,等. 闽南地区酸性雾水特征初探[J]. 环境科学研究,1996,9(5):30-32.
[6] 齐立文,王文兴. 我国低纬度、亚热带地区的降水化学及其雨水酸化趋势分析[J]. 环境科学研究,1995,8(1):12-19.
[7] 童永忠,刘超,周志勤,等. 酸雨对土壤-植物系统的环境效应研究[J]. 浙江农业大学学报,1994,20(1):86-91.
[8] 曹洪法,高映新,舒俭民,等. 模拟酸雨对农作物生长和产量影响的研究[A]. 酸雨文集[C],北京:中国环境科学出版社,1989. 381-391.
[9] Jacobson J S. Effects of acid aerosol, fog, mist and rain on crops and trees[M]. London: Phil. Trans R Soc. 1984. 327-338.
[10] 童志坚,陈秉初. 模拟酸雨对水稻种子萌发及活力的影响[J]. 杭州师范学院学报(自然科学版),2003,2(2):31-54.
[11] 吕均良,李三玉,黄寿波. 模拟酸雨对桃梨叶片和果实的影响[J]. 浙江农业大学学报,1998,24(6):603-607.
[12] 李德成,徐彬彬,石晓井,等. 模拟酸雨对水稻叶片荧光光谱特性的影响[J]. 中国环境科学,1998,18(6):498-500.
[13] 郭世忠,等. 二氧化硫和重金属铜、镉等物质对光谱特性的影响[J]. 环境科学,1986,5(6):13-18.
[14] 田国良. 土壤中镉、铜伤害对水稻光谱特性的影响[J]. 环境遥感,1990,5(2):140-149.
[15] 高立志,周毅,葛颂,等. 广西普通野生稻(Oryza rufipogon Griff.)的遗传资源现状及其保护对策[J]. 中国农业科学,1998,31(1):32-39.
[16] 邹琦. 植物生理学实验指导[M]. 北京:中国农业出版社,2000.
[17] 陈永喆. 模拟酸雨对小麦和玉米种子萌发及幼苗发育的影响[J]. 农业环境保护,1995,(3):16-18.
[18] 刁操铨. 作物栽培学(各论)[M]. 北京:中国农业出版社,1994.
[19] 聂呈荣,陈思果,温玉辉,等. 模拟酸雨对花生种子萌芽及幼苗生长的影响[J]. 中国油料作物学报,2003,25(1):34-36.