

土壤静电场对水稻生长发育的影响*

刘多森

邵吉安

(中国科学院南京土壤研究所) (江苏省常熟水利科学研究所)

黄榴生

(江苏省常熟市科学技术委员会)

INFLUENCE OF SOIL ELECTROSTATIC FIELD ON THE GROWTH AND DEVELOPMENT OF RICE

Liu Duosen

(Institute of Soil Science, Academia Sinica, Nanjing)

Shao Jian

(Changshu Institute of Water Conservancy, Jiangsu Province)

Huang Liusheng

(Changshu Committee of Science and Technology, Jiangsu Province)

稻田在淹水期间,水层的氧化还原电位明显高于土壤耕层,二者的电位差一般为0.2—0.6伏。于天仁等研究过水稻土淹水期间氧化还原电位在剖面上的分布^[1]。

淹水稻田的水层与耕层因氧化还原电位差而产生的自然静电场,是土壤本身存在的各种自然电场的类型之一。在电路闭合条件下,只要有电位差存在,就应当发生电流。那么,如果在淹水稻田的水层及耕层中各安置一个材料相同的适当电极,并用导线将二电极联接,就必然有电流出现——电流(正电荷)由水层电极(正极)经导线流向耕层电极(负极),再经土壤溶液流向水层电极。这时,水层和耕层的统一体,可视为借助外加导线而短路的天然原电池。在放电过程中,水层电极发生还原反应,耕层电极发生氧化反应。这种放电效应,必将促进各种离子(包括营养离子)在土壤中的迁移,增加根系与离子的接触机会;同时,耕层电极的氧化反应将能抑制次生潜育化的发展,改善耕层的还原环境。

Borovsky 等^[3] 1977 年报道了稻田水层与不同土层之间的氧化还原电位差和电流的测定结果,但淹水稻田作为“天然能源”对水稻生长发育的影响,他们当时尚未研究。Боровский^[4] 1982 年进而报道: 他们利用稻田水层与深 15—20 厘米土层之间的氧化还

* 本文承张效年、龚子同、蔡蔚祺同志审阅,顾振明、邵瑜、陆激同志参加工作,一并致谢。

原电位差,取得了“水稻的工业栽培”专利权;该栽培法可增产 20%—50%,并可改善稻米品质,节约灌溉用水,提早水稻成熟 7—10 天。当然,他没有说明该项专利采用的电极材料和技术细节。

1981 年以来,我们采用了不消耗工业电能而获得附加静电场的方法,并在此基础上研究了附加静电场对农作物的影响^[2]。附加静电场也称为人工静电场,它是人为施加于土壤或天然水等介质的静电场,而不是介质原有的自然静电场。1985 年,我们在江苏省常熟市布置了水稻田间试验,其中部分试验把秧田附加静电场和本田自然静电场结合起来,以期进一步研究附加静电场和自然静电场对水稻生长发育的影响。

试验田土壤为潴育水稻土,重壤,耕层厚度约 17 厘米,耕层有机质 2.75%,全氮 0.161%,速效磷 (P)13.7ppm,速效钾 (K)166ppm, pH6.1。

表 1 附加静电场对水稻秧苗生长的影响

项 目	日 期 (日/月)	附加静电场组	对 照 组	
发芽数/米 ²	13/5	0±0	0±0	
	14/5	1494±326	1242±146	1.41
	15/5	1611±165	1314±36.0	3.52*
	16/5	1616±47.9	1373±46.8	7.26***
出苗数/米 ²	17/5	25±4.5	23±23.9	0.16
	18/5	183±44.9	158±68.3	0.61
	19/5	801±184	588±162	1.74
	20/5	1049±183	723±131	2.90*
	21/5	1269±126	997±130	3.00*
	23/5	1530±76.4	1323±47.1	4.61**
	25/5	1672±81.3	1404±34.5	6.07***
	31/5	1704±73.6	1452±77.6	4.71**
苗高(厘米)	31/5	9.96±1.12	8.21±2.06	3.34**
	21/6	33.5±1.68	32.2±3.27	1.58
最大叶面积(厘米 ²)	31/5	4.43±0.34	1.09±0.50	2.51*
	21/6	13.0±1.97	11.9±2.15	1.69
单株白根数	31/5	5.15±1.76	4.15±1.73	1.81
	21/6	38.4±6.08	31.3±8.61	3.01**
单株总叶数	31/5	3.29±0.30	3.22±0.40	0.63
	21/6	7.38±0.26	7.23±0.41	1.38
单株绿叶数	31/5	3.09±0.49	2.83±0.51	1.64
	21/6	—	—	—
单株分蘖数	31/5	0±0	0±0	
	21/6	1.30±0.86	0.90±0.79	1.53
20株干重(克)	31/5	0.56	0.55	2.05
	4/6	1.09	1.04	
	21/6	7.10	7.00	

一、秧田附加静电场的小区试验

秧田为冬闲田, 5月11日播种, 每平方米播2250粒稻种, 品种为当地晚粳32-78。设二个试验组: 附加静电场组和对照组。因秧田前期无水层, 故未设自然静电场组。所设二组的水肥管理条件相同。每组各重复4次。附加静电场由小区两端埋入土壤的锌极(负极)和炭极(正极)获得, 二极用导线联接, 极间距离33.3厘米。5月11日至6月9日, 附加静电场组每小区测定电流和电位差10次, 得电流和电位差数据各40个, 其均值和标准差为: 电流 5.68 ± 2.16 毫安, 电位差 0.75 ± 0.21 伏。

附加静电场可以促进土壤溶液中的正离子向炭极迁移, 负离子向锌极迁移, 从而有可能增强水稻发芽时种子的酶活性及苗期的养分供应。从表1看出: 秧田中的附加静电场, 对水稻种子发芽和出苗均有显著的促进作用, 对苗情也有某些改善。表1中的发芽数、出苗数用4个重复的均值和标准差表示, “20株干重”为原始数据, 其余项目都用20株秧苗单株观测结果的均值和标准差表示。我们在过去的工作基础上^[2], 这次又观察到: 附加静电场可显著提高难发芽种子的发芽势和发芽率。

二试验组每次各随机抽取20株秧苗(每小区5株)比较苗情, 结果看出(表1): (1) 三叶期(5月31日)的苗高和最大叶面积, 附加静电场组显著大于对照组; 至移栽期(6月21日), 差异不再显著。(2) 三叶期单株白根数均值, 附加静电场组多于对照组, 但差异尚不显著; 至移栽期, 附加静电场组白根数则显著多于对照组。(3) 移栽期单株分蘖数, 附加静电场组有大于对照组的趋势——这对于本田茎蘖数及后期有效穗数的增加很有意义。(4) 附加静电场组的秧苗干重, 有大于对照组的趋势, 这与我们过去的试验^[2]是一致的。

二、本田自然静电场和附加静电场的小区试验

本田前茬为小麦茬, 设4个试验组, 每组4个小区。小区宽33.3厘米, 长0.8米, 栽植12穴稻秧——分为2行, 每行6穴。稻秧行距16.6厘米, 穴距13.3厘米, 折合每亩3万穴。每穴3株, 折合每亩9万基本苗。

4个试验组是: (1) 自然静电场I组——在小区行内穴间的水层安置10个用导线串接的炭棒(与土面接触), 另在行内穴间的耕层8—10厘米深处安置10个用导线串接的炭棒(炭棒长14.1厘米, 直径2.4厘米, 下同), 水层炭极组的一端与耕层炭极组的一端用一条导线联接。(2) 自然静电场II组——水层和耕层各安置炭棒10个, 从各炭棒分别引出导线, 联结于一点, 其他条件与前组相同。(3) 附加静电场组——在小区一端的耕层2厘米深处和8—10厘米深处, 各安置炭棒2个, 分行平埋于行内, 4个炭棒相互串接; 在小区另一端的耕层, 插入底长26.7厘米、高5.3厘米的长方形锌片一个, 锌片上缘低于土面约0.5—1厘米; 炭极组与锌极用一条导线联接, 极间距离0.8米。(4) 对照组——未加电极。

各试验组均于6月21日插秧, 本田对照组用秧田对照组的秧苗, 三个静电场组用秧田附加静电场组的秧苗。各组的水肥管理条件相同。7月3日至10月3日, 三个静电场

组的每个小区各测定电流 12 次, 每组各得 48 个电流数据, 其均值和标准差为: 自然静电场 I 组 300 ± 390 微安; 自然静电场 II 组因导线电阻大于 I 组, 故为 88.4 ± 60.9 微安; 附加静电场组 2.92 ± 2.74 毫安。极间电位差: 自然静电场组约 0.2 伏, 附加静电场组 0.4—0.7 伏。

水稻生长期间, 各小区均固定其中一行 (6 穴), 观察了茎蘖动态。从表 2 看出: 自 7 月 11 日以后, 各静电场组的茎蘖数始终多于对照组; 自然静电场 I 组的茎蘖数 7 月 18 日达到高峰值, 比其余三个组达到高峰值的日期提早 3 天。这些表现, 为自然静电场 I 组后期有效穗数的增加, 提供了可能条件。

表 2 静电场对水稻茎蘖动态 (6 穴) 的影响

日 期	自然静电场 I 组	自然静电场 II 组	附加静电场组	对 照 组
29/6	24.8 ± 1.26	24.5 ± 6.19	25.8 ± 2.63	24.8 ± 1.26
7/7	34.0 ± 1.41	33.5 ± 5.07	33.5 ± 3.32	34.5 ± 3.79
11/7	40.5 ± 2.52	40.0 ± 3.74	41.0 ± 2.16	39.3 ± 4.57
14/7	50.8 ± 4.50	49.3 ± 5.74	51.0 ± 7.53	46.8 ± 4.19
18/7	$\Delta 54.3 \pm 7.46$	52.8 ± 9.88	55.3 ± 11.6	47.8 ± 5.56
21/7	54.0 ± 6.38	$\Delta 55.3 \pm 10.1$	$\Delta 56.8 \pm 7.80$	$\Delta 49.5 \pm 4.12$
25/7	53.3 ± 7.37	55.0 ± 9.52	55.3 ± 7.27	49.0 ± 4.24
28/7	52.3 ± 7.93	53.5 ± 9.15	54.8 ± 7.27	48.3 ± 4.35
1/8	51.8 ± 4.92	51.3 ± 8.92	51.8 ± 3.86	48.0 ± 4.97
10/8	49.5 ± 5.00	46.0 ± 4.24	49.0 ± 5.72	44.8 ± 2.50
20/8	45.3 ± 6.13	42.8 ± 3.59	45.8 ± 7.93	42.3 ± 1.71

注: 表中的茎蘖数 (6 穴), 以 4 个重复的均值和标准差表示; 6 穴的茎蘖数乘以 5000, 即得每亩茎蘖数; Δ 表示高峰值。

表 3 静电场对水稻产量的影响

处 理	籽粒干重			茎叶干重			有效穗数		
	均值 (克/小 区)	差异显著性		均值 (克/小 区)	差异显著性		均值 (个/小 区)	差异显著性	
		$\alpha = 0.05$	$\alpha = 0.01$		$\alpha = 0.05$	$\alpha = 0.01$		$\alpha = 0.05$	$\alpha = 0.01$
自然静电场 I 组	205.6	a	A	259.5	a	A	83.0	a	A
附加静电场组	190.3	ab	A	250.5	a	A	80.7	a	A
自然静电场 II 组	179.6	ab	A	240.5	a	AB	72.0	ab	A
对照组	167.7	b	A	216.3	b	B	68.0	b	A

注: 小区籽粒重或茎叶重的克数, 乘以 2.5, 即得每公斤数; 小区有效穗数乘以 2500, 即得每亩有效穗数; 差异显著性采用新复极差测验 (SSR 测验)。

试验于 10 月 26 日收获, 各小区收获物在 60°C 恒温下烘至恒重。在水稻生长后期, 两个组的第 3 次重复小区受纹枯病影响严重。因此, 收获物的统计 (表 3) 按 3 个重复进行。有关平均值的标准误 (SE) 分别为: 小区籽粒重者 8.69 克, 小区茎叶重者 6.28 克, 小区有效穗数者 3.60 个。

从表 3 看出: (1) 籽粒产量, 自然静电场 I 组折合每亩 514.0 公斤, 在 0.05 显著水平上高于对照组 (419.3 公斤/亩), 增产率 22.6%; 附加静电场组折合每亩 475.8 公斤, 有高于对照组的趋势; 自然静电场 II 组折合每亩 449.0 公斤, 与对照组无显著差异。(2) 茎叶

产量, 自然静电场 I 组、附加静电场组、自然静电场 II 组分别折合 648.8, 626.3, 601.3 公斤/亩, 均在 0.05 显著水平上高于对照组 (540.8 公斤/亩), 增加率分别为 20.0%, 15.8%, 11.2%。(3) 有效穗数, 自然静电场 I 组和附加静电场组分别折合 20.8 和 20.2 万个/亩, 均在 0.05 显著水平上高于对照组 (17.0 万个/亩), 增加率分别为 22%, 19%; 自然静电场 II 组折合 18.0 万个/亩, 与对照组无显著差异。从上述三方面综合看来, 自然静电场 I 组表现最好, 附加静电场组表现亦可, 唯自然静电场 II 组作用较小。在三个静电场组中, 自然静电场 II 组的电流最低, 这也许是它作用较小的原因。

据测定, 各组的千粒重及每穗粒数是相近的。静电场对水稻产量构成的影响, 看来以增加分蘖和有效穗数为主要途径。

三、结 语

田间小区试验表明: 在秧田附加静电场基础上, 本田自然静电场 I 组在 0.05 显著水平上可提高水稻产量 22.6%, 本田附加静电场组也有提高水稻产量的趋势。但要推广到大田生产, 尚需进一步研究。可以预料, 对于具有强还原条件的植稻土壤, 譬如新疆的某些盐渍化土壤和华南的冷浸田、咸酸田等, 由于稻田水层与耕层的氧化还原电位差较大, 自然静电场作为天然能源可望对水稻生产显示出更积极的作用。

参 考 文 献

- [1] 于天仁等, 1983: 水稻土的物理化学。23—33 页, 科学出版社。
- [2] 刘多森、邵吉安、黄榴生, 1984: 静电场对土壤及农作物中物质流的影响。土壤, 第 16 卷 6 期, 223—226 页。
- [3] Borovsky, V.M. et al., 1977: Bioelectric processes in the rice field soils. In: "Problems of Soil Science", 148—154, M., Nauka.
- [4] Боровский, В. М., 1982: К повышению эффективности использования почвенных ресурсов. Почвоведение. № 6, 5—10.

本 刊 重 要 启 事

由于本刊篇幅有限, 稿件严重积压, 为了每期容纳较多论文, 特重申: 今后来稿一律限于 6000 字(包括图、表、参考文献等)以内, 超出者将退回稿件, 请作者谅解。

《土壤学报》编辑部

1988 年 5 月