

# 盐渍条件下作物对不同 调控措施的响应研究

李海锋 杨劲松 陈德明

(中国科学院南京土壤研究所 南京 210008)

**摘 要** 本试验采用温室盆栽方法,对盐渍条件下不同调控措施对作物产量的影响进行了综合研究。结果表明,各调控因子中,各因素均不同程度的影响作物的干粒重。随着灌溉量、灌溉频度的增加,作物的干粒重有所提高;随无机肥用量的增加或者采用有机无机肥料混施,也可以起到同样的效果。覆盖和施用改良剂也可以显著影响作物的干粒重;灌溉量和灌溉频度、施用无机肥或有机无机肥混施对提高作物的产量作用显著,且两者的交互作用也极显著,而其他的因素影响较小。

**关键词** 耐盐性; 调控

随着世界经济的发展和资源的利用,盐渍土作为一种资源,其重要性越来越被人们所认识。另一方面,由于不当的农业管理措施,极易引起土壤次生盐渍化。而要利用这些资源和解决这些问题,深入了解作物对不同调控措施的反应及其实质是非常重要的。目前,有关这方面的研究报道不少,但是有关几种调控措施对作物的综合作用及其交互作用的研究几乎没有。本试验对灌溉、施肥、覆盖以及添加改良剂等调控措施对作物的调控效应进行了初步的研究。

## 1 材料和方法

### 1.1 供试土壤及供试作物

采自江苏省南通市如东滩涂试验基地,为发育于浅海沉积物母质的滨海潮土,土壤的盐分特征见表 1。供试作物为大麦,品种为港啤-1号。

表 1 土壤盐分特征

pH	电导率 (25 ) (dS/m)	全盐量 (g/kg)	土壤盐分离子组成 (cmol/kg)							
			CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>
7.56	0.10	0.3	-	0.31	0.10	0.18	0.13	0.10	0.01	0.16

### 1.2 试验设计

本试验是温室盆栽试验,采用的盆钵为 15cm、高 18cm。土样风干,磨细过 2mm 筛。装盆时分别加入 NaCl,混匀,使土壤盐度达到 2.5g/kg(依据供试土样盐分离子组成、作物种类及试验要求),每盆加入蒸馏水,使土壤含水量都达到田间持水量的 75%,静置 24h,移苗。试验采用正交试验设计,4 个因素,每个因素 3 个水平。4 个因素分别是(1)肥料,分别为不施肥、每盆加入尿素 0.9g 和磷酸二氢铵 0.5g(相当于每公顷施尿素 510kg 和磷酸二氢铵 285kg)、每盆加入尿素 0.7g 和磷酸二氢铵 0.5g 以及鸡粪 26.48g(等 N 量)(相当

于每公顷施尿素 394.5kg 和磷酸二氢铵 285kg 以及鸡粪 15000kg);(2)水分,根据作物不同生育期需水规律按灌水频率、灌水量设计(见表 2);(3)覆盖,3 个水平,稻秆用量分别为 0kg/hm<sup>2</sup>, 5000kg/hm<sup>2</sup>, 10000kg/hm<sup>2</sup>; (4)改良剂,3 个水平,加入石膏量分别占干土重的 0, 0.1%, 0.2%。选用 L<sub>27</sub>(3<sup>13</sup>) 正交表, 4 因素(以上各因素分别占居正交表的 1、2、5、9 列,用 a,b,c,d 表示), 3 水平,共 27 个处理,4 次重复。所用表头见表 3。

表 2 灌溉处理

处理号	灌溉处理	
	灌溉总量 (mm)	灌溉频度 (天/次)
1	194.9	2
2	194.9	3
3	389.8	2

表 3 正交表所用表头

因素数	列号												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
4	a	b	(a × b) <sub>1</sub> (c × d) <sub>2</sub>	(a × b) <sub>2</sub>	c	(a × c) <sub>1</sub> (b × d) <sub>2</sub>	(a × c) <sub>2</sub>	(b × c) <sub>1</sub> (a × d) <sub>2</sub>	d	(a × d) <sub>1</sub>	(b × c) <sub>1</sub>	(b × d) <sub>1</sub>	(c × d) <sub>1</sub>

### 1.3 试验管理

本试验自 1999 年 12 月 11 日开始,于 2000 年 5 月 15 日收获。定期观测作物的生长指标并记录作物生长期间病虫害等的发生情况。试验结束后,进行带重复试验的方差分析<sup>[1]</sup>,并对结果进行综合评价。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同调控措施对作物的影响

2.1.1 施肥对作物的影响 从图 1 中可以看出,肥料可以提高作物的千粒重,与对照相比,施入无机肥料,可以明显增加千粒重,达 10.8%,而采用无机有机混施(等 N 量),与对照比,明显增加 12.2%,与单施无机肥比,略有增加,为 1.2%。这说明,施用肥料可以明显促进作物的生长,尤其是采用有机无机混施,在盐渍条件下,可以更好的提高作物的千粒重。

如图 2 所示,试验表明在盐渍条件下施用肥料对提高作物产量是非常明显的。当每公顷施 510kg 尿素和 285kg 磷酸二铵,与对照相比,可以显著提高产量 113.6%。施用等 N 量的无机有机肥,产量进一步提高,与单施无机肥比提高产量 3%。这是由于两方面的原因,一是盐渍土一般含养分较少,尤其 N、P 元素缺乏,增施肥料,可以影响作物对 Cl<sup>-</sup>, Na<sup>+</sup>的吸收<sup>[2]</sup>,减少了养分对作物生长的限制作用;另一方面,施用有机肥,可以改善土壤的硬度、通透性<sup>[3]</sup>等理化性状,增加土壤微生物活性<sup>[4]</sup>,调节盐分离子在土壤中的分配,改善了作物生长的环境。据沈其荣等的研究,施用有机肥可以提高盐渍条件下土壤中氮肥的利用率<sup>[5]</sup>。也有人证实,施用有机肥可以显著提高土壤有效 P 的含量<sup>[6,7]</sup>。以上原因都起到促进作物生长的作用<sup>[8,9]</sup>此外,李实焯(1991 年)曾经提出种植大麦有机肥与化肥的最佳配比约为 4:6,低于这个配比则产量下降<sup>[9]</sup>。还有人认为是 1:1<sup>[5]</sup>。本试验结果表明,当有机肥与化肥比例为 2:7 时,仍对作物产量有促进作用。这可能与盐渍土本身的性质有关。

2.1.2 灌溉对作物的影响 灌溉可以更加明显的影响作物的千粒重。如图 1 所示,处理 3(灌溉定额为 390mm)与处理 1(灌溉定额为 195mm)相比,灌溉量增加了两倍,千粒重显著增加 30.6%;处理 2(灌溉频度为 2 天 1 次)与处理 1(灌溉频度为 3 天 1 次)相

比,随灌溉频度的降低(由3天1次到2天1次),千粒重显著增加了24.6%。从表3也可以看出,在各调控因子中,灌溉调控因子的调控效果较好,经方差分析呈极显著。是由于盐渍条件下,土壤水分是限制植物生长的重要因素,通过灌溉,可以降低土壤中的盐分浓度,减轻土壤盐分对作物的离子毒害<sup>[10]</sup>,同时满足作物对水分的需求,促进盐渍条件下作物的生长;试验结果表明,频繁的灌溉不利于作物千粒重的提高,其原因在于,灌溉总量一定的情况下,频繁的灌溉意味着每次灌溉量的减少,这样,灌溉后水分不能深入到作物耕层,不能被作物有效利用。

灌溉可以降低土壤中的盐分浓度,减少盐分对植物的原初伤害<sup>[10]</sup>。从试验结果看,当灌水量增加时,产量也随之增加,当灌溉总量从195mm增加到390mm时,产量显著增加了94.6%。同时,试验表明,当灌溉总量一定的条件下,灌溉频度由每2天1次降低到每3天1次时,产量变化不大。

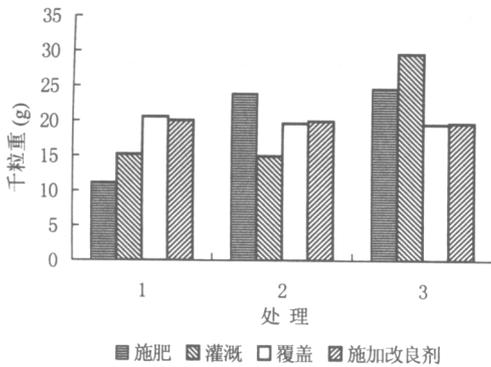


图1 不同调控措施对千粒重的影响

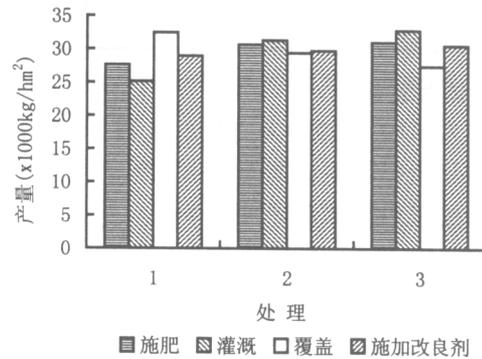


图2 不同调控措施对产量的影响

### 2.2 不同调控措施的优化调控组合

2.2.1 各因素间的交互作用对千粒重的影响 试验结果表明,各调控措施均能影响作物的千粒重,经方差分析(见表5),除单施土壤改良剂,灌溉和覆盖的交互作用以及灌溉和覆盖、施用肥料和添加土壤改良剂的交互作用外(显著相关),均呈极显著相关。经过对不同调控措施的交互作用的分析,可以看出 a<sub>2</sub>b<sub>3</sub>, a<sub>2</sub>c<sub>1</sub>, c<sub>1</sub>b<sub>3</sub>, a<sub>3</sub>d<sub>3</sub>, b<sub>3</sub>d<sub>2</sub>, c<sub>3</sub>d<sub>3</sub> 是优化的组合,结合因素的主次关系及正交表的 j<sub>1</sub>, j<sub>2</sub>, j<sub>3</sub>, 综合分析<sup>[11]</sup>表明优化的调控模式应该为 a<sub>3</sub>b<sub>3</sub>c<sub>1</sub>d<sub>3</sub>,此时可以获得最佳的调控效果。

2.2.2 因素间的交互作用对产量的影响 从表4、表5可以看出,水肥的交互作用对作物的产量有显著的影响,经F检验,呈极显著。通过进一步的分析,可以知道,水肥的最优组合为 a<sub>3</sub>b<sub>3</sub>。此外,水肥的交互作用与覆盖和加改良剂的交互作用也是显著的。

表4 水肥的交互作用表

交互作用	b1	b2	b3
a1	61.7	55.6	60.6
a2	89.7	89.6	200.6
A3	90.2	92.4	209.3

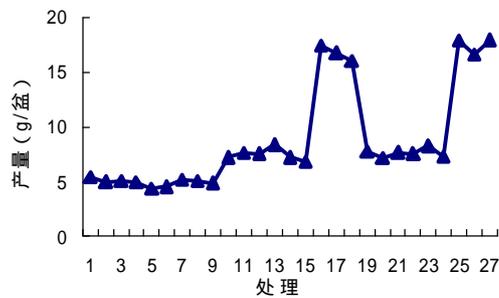


图3 不同措施组合对产量的影响

如图 3, 不同的调控因素的组合对作物产量的影响很不相同。其中, 图中所示的第一个峰值为 16 号处理, 此处理的各项因素的水平是  $a_2b_3c_1d_1$  分别是单施无机肥, 用量为每盆尿素 0.9g 和磷酸二氢铵 0.5g, 灌溉定额为 389.8mm, 2 天一次, 无覆盖, 无改良剂。第 17, 18 号处理所获得的产量也较高, 之后又下降, 直到第 25 号处理, 此处理是  $a_3b_3c_1d_2$ , 即无机有机肥混施, 每盆加入尿素 0.7g 和磷酸二氢铵 0.5g 以及鸡粪 26.48g, 灌溉定额为 389.8mm, 2 天一次, 无覆盖, 施用石膏占干土重的 0.1%。此处理与 16 号相比, 略有增加, 达 2.4%。在 27 号处理可以得到最大的产量,  $a_3b_3c_3d_1$ , 即无机有机肥混施, 每盆加入尿素 0.7g 和磷酸二氢铵 0.5g 以及鸡粪 26.48g, 灌溉定额为 389.8mm, 2 天一次, 覆盖稻秆 10000kg/hm<sup>2</sup>, 不施用石膏, 27 号处理的效果比 25 号处理相差不大, 增加了 0.2%。从处理间的区别看, 影响作物的产量的主要因素是施肥和灌溉, 这一点在方差表中也可以看出, 对于以上两种因素及其交互作用, 其调控效果远远高于其它因素及其交互, 其优化组合为  $a_3b_3$ 。

表 5 不同调控措施对产量影响的方差分析

方差来源	平方和		自由度		均方和		F 值	
	千粒重	产量	千粒重	产量	千粒重	产量	千粒重	产量
a	245.78	803.44	2	2	122.89	401.72	24.78**	451.27**
b	1195.10	986.74	2	2	597.55	493.37	120.47**	554.22**
c	458.11	4.64	2	2	229.06	2.32	46.18**	2.61
d	46.18	0.55	2	2	23.09	0.28	4.66*	-
a × b	1010.72	471.87	4	4	252.68	117.97	50.94**	132.55**
a × c	256.67	2.26	4	4	64.17	0.57	12.94**	-
a × d	249.04	4.31	4	4	62.26	1.08	12.60**	1.21
b × c	90.55	2.56	4	4	22.64	0.64	4.58*	-
b × d	294.16	4.4	2	2	104.64	1.57	21.10**	1.76
c × d	511.01	3.50	2	2	255.51	1.75	51.51**	1.97
e <sup>1</sup>	0.00	0.00	0	0	0.00	0		
e <sup>2</sup>	401.58	76.19	81	81	4.96	0.94		
e	401.58	81.01	81	91	4.96	0.89		

注: a 施肥, b 灌溉, c 覆盖, d 施加改良剂, \*显著, \*\*极显著

### 3 结论

1. 在各种调控措施中, 灌溉和施肥及其交互作用显著提高作物的产量, 其中灌溉的调控效果要优于施肥, 经方差检验, 调控效果明显。

2. 灌溉和施肥、覆盖和施用改良剂两两间的交互作用可以显著影响作物的千粒重。灌溉和施肥的交互作用对产量的影响较其它交互作用大得多, 而其它的交互作用不明显。

3. 经综合分析, 可知对作物调控最佳的调控措施的组合为  $a_3b_3c_1d_3$ , 此时, 无机有机肥混施, 每盆加入尿素 0.7g 和磷酸二氢铵 0.5g 以及鸡粪 26.48g, 灌溉定额为 389.8mm, 灌溉频度为 2 天一次, 施用石膏约占干土重的 0.2%。

(下转第 41 页)

- 4 王建林, 刘芷宇. 重金属在根际中的化学行为 I. 土壤中铜吸附的根际效应. 环境科学学报, 1991, 11(2): 178 ~ 185
- 5 张杨珠, 刘学军, 肖永兰等. 耕型红壤和红壤性水稻土铜的化学行为及施铜效应 I. 土壤对铜的吸附和解吸特征. 湖南农业大学学报, 1999, 25(1): 21 ~ 26
- 6 Ansari M.T., Xu Jianmin, Yuan Keneng. Surface Charge Characteristics and Zinc Adsorption of Organo-mineral Complexes in Soils. 浙江农业大学学报, 1994, 20(3): 228 ~ 234
- 7 林玉锁. Langmuir, Temkin 和 Freundlich 方程应用于土壤吸附锌的比较. 土壤, 1994, 26(5): 228 ~ 234
- 8 周伟, 李继云. 北京地区几种典型土壤吸附 Zn 的研究. 环境科学, 1996, 17(6): 43 ~ 45
- 9 朱端卫, 皮美美, 刘武定. 硼在土壤中的吸附-解吸及其对植物吸收硼的影响. 土壤学报, 1998, 35(1): 70 ~ 75
- 10 汪新民. 土壤对铝的吸附与土壤供铝能力. 安徽农学院学报, 1990, 17(4): 280 ~ 287
- 11 李日邦. 土壤吸附氟的能力及其生态学意义. 环境科学学报, 1991, 11(3): 363 ~ 268
- 12 沈阿林, 崔转玲, 姚同山等. 几种土壤对氟的吸附和解吸. 植物营养与肥料学报, 1997, 3(1): 9 ~ 14
- 13 章永良. 土壤中六个价铬的吸附与提取. 环境化学, 1990, 9(4): 43 ~ 48
- 14 何孟常, 彭群峰, 周娟娟等. 4 种主要土壤对三价铈的吸附及动力学特征研究. 湖南农学院学报, 1995, 21(1): 35 ~ 39
- 15 邵孝侯, 胡霭堂, 秦怀英. 镉在土壤上的吸附和解吸特征研究. 环境化学, 1991, 10(1): 76 ~ 80
- 16 廖敏, 谢正苗, 黄昌勇. 镉在红壤中的吸附特征. 浙江农业大学学报, 1998, 24(2): 199 ~ 202
- 17 黄子卿. 电解质溶液理论导论. 北京: 科学出版社, 1983, 118 ~ 148
- 18 Dunan J. Shaw (张中路, 张仁佑译). 胶体与表面化学导论 (第三版). 北京: 化学工业出版社, 1989, 170
- 19 M.A. 安德森, A.J. 鲁宾主编 (刘蓬生等译). 水溶液吸附化学. 北京: 科学出版社, 1989, 50 ~ 52
- 20 于天仁, 季国亮, 丁昌璞编. 可变电荷土壤的电化学. 北京: 科学出版社, 1996, 99
- 21 华路, 张国祥, 褚衍杰等. 土壤对无机外源砷的缓冲动力学研究. 土壤学报, 1996, 33(4): 337 ~ 343

(上接第 35 页)

#### 参考文献

- 1 吴翊等. 应用数理统计. 北京: 国防大学出版社, 1995, 8: 254 ~ 261
- 2 张福锁. 植物营养生态生理学和遗传学. 北京: 中国科技出版社, 1993, 7: 225 ~ 226
- 3 谢承陶. 盐渍土改良原理与作物抗性. 北京: 中国农业出版社, 1993, 120 ~ 128
- 4 许月蓉. 不同施肥条件下潮土中微生物量及其活性. 土壤学报, 1995, 32(3): 349 ~ 352
- 5 沈其荣等. 有机无机肥配合施用对滨海盐土土壤生物态氮及土壤供氮特征的影响. 土壤学报, 1994, 31(3): 287 ~ 292
- 6 彭琳. 黄土区有机肥与化肥配施效果. 土壤肥料, 1983, (5): 26 ~ 28
- 7 刘杏兰. 有机 - 无机肥配施的增产效应及对土壤肥力影响的定位研究. 土壤学报, 1996, 33(2): 138 ~ 147
- 8 谢承陶. 盐渍土改良原理与作物抗性. 北京: 中国农业出版社, 1993, 116 ~ 137
- 9 杨玉爱. 我国有机肥料研究及展望. 土壤学报, 1996, 33(4): 414 ~ 421
- 10 赵可夫. 植物抗盐生理. 北京: 中国科学技术出版社, 1993, 24 ~ 27, 82 ~ 91