

## 山东东营滨海盐渍棉田盐分与养分的季节性变化 及对棉花产量的影响

董合忠<sup>1</sup>, 辛承松<sup>1</sup>, 唐薇<sup>1</sup>, 李维江<sup>1</sup>, 张冬梅<sup>1</sup>, 温四民<sup>1,2</sup>

(1. 山东棉花研究中心, 山东省棉花栽培生理重点实验室, 济南 250100;

2. 东北农业大学生命科学学院, 哈尔滨 150030)

**摘要:**在山东省东营市选择土壤盐分含量分别为 0.15%、0.35% 和 0.50% 的高、中、低产田各一块, 种植中早熟品种鲁棉研 18 或早熟品种鲁棉研 19, 结合取盐碱土盆栽, 研究了不同含盐量棉田的盐分、养分含量变化及棉花产量表现。结果表明, 高产田有机质与碱解氮含量较高、有效磷含量偏低、有效钾含量中等, 而低产田则表现出有机质少、贫氮、缺磷、富钾的特点。三类棉田的土壤盐分皆是春季和秋季高、夏季低, 土壤有机质含量在整个生育季节内变化不大, 而氮、磷、钾则随生育进程的推进呈逐渐减少的趋势。大田条件下, 中、低产田比高产田分别减产 10%~17% 和 27%~39%, 而相应盐土盆栽条件下则分别减产 2.8% 和 6.7%。

**关键词:**盐碱地; 盐分; 养分; 季节性变化; 棉花

**中图分类号:** S562.06 **文献标识码:** A

**文章编号:** 1002-7807(2006)06-0362-05

## Seasonal Changes of Salinity and Nutrients in the Coastal Saline Soil in Dongying, Shandong, and Their Effects on Cotton Yield

DONG He-zhong<sup>1</sup>, XIN Cheng-song<sup>1</sup>, TANG Wei<sup>1</sup>, LI Wei-jiang<sup>1</sup>, ZHANG Dong-mei<sup>1</sup>, WEN Si-min<sup>1,2</sup>

(1. Cotton Research Center, Shandong Academy of Agricultural Sciences, Jinan 250100, China; 2. College of Life Science, Northeast Agricultural University, Haerbin 150030, China)

**Abstract:** There has been a large area of coastal saline lands in Dongying city, Shandong Province, which is potentially to be reclaimed to develop cotton production. Therefore, investigation into the characteristics of plant growth and development, and the corresponding impact factors in saline soils is of great value to realize yield potentials of cotton in this area. Three types of fields with salt content of 0.15%, 0.35% and 0.50% were selected as low-, middle-, and high-yielding cotton fields. Each field was planted with spring cotton variety SCRC 18 or short-season one SCRC 19 in 2005. Soils from corresponding fields were also potted and planted with SCRC 19 in Jinan in the same season as the field experiment. Seasonal changes of salinity and nutrients in the soils, and yield performance of each variety under either field or potted condition were examined.

The results showed that the high-yielding field contained higher organic matter and effective N, and lower effective P than other two fields, but contained moderate level of effective K. Levels of organic matter, effective N and P were much lower, and effective K was significantly higher in low-yielding field than those of high-yielding fields. Salt contents in the three types of fields were relatively higher in spring and autumn, but lower in summer. The level of organic matter in soil remained relatively stable through the growing seasons; however, levels of effective N, P and K appeared to be decreased gradually as plant growth advances. Lint yields of the middle-, and low-yielding fields were

收稿日期: 2006-03-10 作者简介: 董合忠(1965-), 男, 研究员, 博士, donghz@saas.ac.cn

基金项目: 农业部农业结构调整重大技术研究专项(04-07-02B)

decreased by 10%~17% and 27%~39%, respectively, compared to that of high-yielding field. Potted plants in middle-, and low-yielding field soils produced lint 2.8% and 6.7% less than those in low-yielding field soil, respectively. Under field conditions, variation of lint yield among varying saline soils was not only attributed to the differed levels of salinity, but also to other impacting factors such as varying levels of soil organic matter and nutrients.

**Key words:** saline field; salinity; nutrient; seasonal changes; cotton

山东省有滨海盐碱地和内陆盐碱地两大类型,是全国盐碱地面积最大的省份之一,主要分布在棉花主产区<sup>[1]</sup>。利用棉花耐盐性强的特点,开发盐碱地植棉并不断提高现有盐碱棉田的棉花产量,是提升棉花生产水平的重要途径。大量采用水培或砂培方法,在维持相对高而稳定的盐分和养分条件下进行的试验表明,盐离子通过渗透胁迫和离子毒害等途径显著抑制棉花的生长发育,造成棉花产量降低、品质变劣<sup>[2-5]</sup>。大田条件下,受气候变化和耕作措施等因素的影响,盐渍棉田耕作层土壤的盐分和养分随季节不断变化<sup>[6]</sup>,导致盐碱地棉花在生长发育和产量表现等方面既不同于水培或砂培棉花,也不同于非盐碱地棉花<sup>[1]</sup>。深入研究盐渍棉田盐分与养分季节性变化特点及对棉花生长发育的影响,是制定盐碱地植棉技术的重要依据。但现有研究主要集中在内陆盐碱地,迄今对滨海盐碱地的研究相对较少,而且近 10 多年来,山东滨海盐渍棉田的规模、棉花品种和耕作制度都发生了很大变化<sup>[7-8]</sup>。因此,在前人工作的基础上,深入研究滨海盐渍棉田的盐分和养分变化规律及棉花的生长发育特点,对于指导盐碱地植棉具有更为现实的意义。

## 1 材料与方 法

田间取样分析盐分和养分的变化规律,大田种植结合盆栽试验研究棉花的生育特点。

### 1.1 田间试验

**1.1.1 试验田选择。**田间试验在东营市东营区岳家村进行。2004 年 9 月在距该村 1000 m 的西北方向,通过观察田间棉花长势和初测田间含盐量,确定 3 块含盐量不同的棉田作为试验田。其中第 1 块约 0.2 hm<sup>2</sup>,初测含盐量 0.50%左右,是新开垦的棉田,当年种植的是鲁棉研 18;第 2 块地约 0.33 hm<sup>2</sup>,初测含盐量 0.30%左右,植棉约 4 年,当年种植的是从中国农科院棉花研究所引进的一个新品系;第 3 块地约为 0.27 hm<sup>2</sup>,初测含盐量 0.15%左右,已植棉 8 年多,当年种植的

是鲁棉研 22。以上 3 块地相距 200~500 m,皆有排灌条件。依据初测含盐量和产量高低把这 3 块地分别作为低产田(含盐量 0.50%以上)、中产田(含盐量 0.30%~0.40%)和高产田(含盐量 0.20%以下),并以高产田作为对照开展试验。

**1.1.2 试验设计。**2004 年 10 月 12 日分别取三块地 0~20 cm 的土壤,分析土壤含盐量、有机质和主要养分。同时每块地随机选 5 个点,每点调查 6.67 m<sup>2</sup> 范围内棉株数、单株铃数,收获子棉带回室内轧花后计算出铃重、衣分和皮棉产量。2005 年在这三块地的中间位置分别划出 250 m<sup>2</sup> 作为试验地,种植鲁棉研 18 和鲁棉研 19,每个品种作为一个处理,随机排列,重复 3 次,小区面积 33.3 m<sup>2</sup>。

**1.1.3 田间管理。**按照当地水源安排,于 2005 年 3 月 16 日灌淡水压盐,待 4 月 25 日压盐水消退后于表层撒施复合肥(30% N,35% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>)1200 kg·hm<sup>2</sup>,随即耕翻耙平。于 4 月 26 日采用小型播种机条播鲁棉研 18,5 月 15 日播种鲁棉研 19,行距皆为 80 cm,播种后盖膜。出苗后放苗,在 2 叶期定苗,其中鲁棉研 18 留苗 4.5 株·m<sup>2</sup>,鲁棉研 19 留苗 6.75 株·m<sup>2</sup>。所有试验田不再追肥,中耕、整枝、浇水、排水、化控和治虫等管理措施按照当地传统和习惯进行。

**1.1.4 样品测定。**在 3 月 15 日(压盐前)、4 月 26 日(施肥后、播种前)、5 月 24 日(苗期)、6 月 21 日(蕾期)、7 月 24 日(花铃期)和 9 月 7 日(吐絮初期)分别取 0~20 cm 的土样分析。在生长季节内每小区随机选 5 株棉花,测量株高(子叶节到主茎顶)后带回室内烘干称重。吐絮后在每小区中间两行随机选 20 株棉花,统计铃数,分 3 次收获子棉,风干称重后轧花,计算产量、铃重和衣分。土壤溶液(土:水=1:5)振荡浸提,测定浸出澄清液的电导率,按下式计算土壤全盐含量(%)=电导率(ms·cm<sup>-1</sup>)×0.32×F<sub>x</sub>(F<sub>x</sub>为温度校正系数);土壤有效氮含量采取碱解扩散法测定;土壤有效磷含量采取 0.5 mol·L<sup>-1</sup> NaHCO<sub>3</sub> 浸提,钼锑抗显色后比色测得;土壤有效钾含量采取 1 mol·L<sup>-1</sup> NH<sub>4</sub>OAC 浸

提火焰光度法测得;土壤有机质含量采用  $0.2 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$  的  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7\text{-H}_2\text{SO}_4$  加热氧化,  $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$   $\text{FeSO}_4$  滴定法测得。

## 1.2 盆栽试验

盆栽试验于 2005 年在山东棉花研究中心办公楼前空地上进行。盆栽用土分别取自以上 3 块试验田,化验盐分和养分含量后,通过混入不同量的土杂肥、N、P 或 K 肥和 NaCl,使取自三块地的盆栽用土的有机质、N、P 和 K 的含量基本一致,而保持含盐量处在高、中和低三个设计水平。采用高 60 cm、直径 40 cm 的塑料栽培盆,底部透水孔堵塞后每盆装土 12 kg,于 5 月初播种鲁棉研 19。每种土壤为 1 个处理,每个处理种 10 盆,每盆留 3 株棉花。在播种后 50 d、80 d 和 105 d 分别测量株高,每个处理取 3 棵棉株烘干后称重,吐絮后调查铃数,计算产量、铃重和衣分。

## 2 结果与分析

### 2.1 土壤含盐量的变化

对 2004 年 10 月 12 日所取 0~20 cm 的土样测定发现,高、中和低产田的含盐量分别为 0.106%、0.313% 和 0.489%。2005 年不同时间对 3 块地 0~20 cm 土层土壤盐分含量的测定结果(图 1)表明,土壤盐分含量在一年中的季节性变化十分明显。春季淡水压盐前(3 月 15 日)低产、中产和高产 3 类棉田盐分含量分别在 0.50%、0.35% 和 0.15% 左右,比 2004 年秋季的含盐量有所升高,说明在春季棉田已经返盐;播种前 1 d(4 月 25 日)3 类盐碱地的含盐量皆较压盐前显著降低,达到棉花可以发芽出苗的要求,说明淡水压盐的效果非常理想;之后在降雨淋溶和蒸发作用的双重作用下,含盐量反复变化,但总体呈现上升的趋势,并在 9 月份吐絮前后基本恢复到接近压

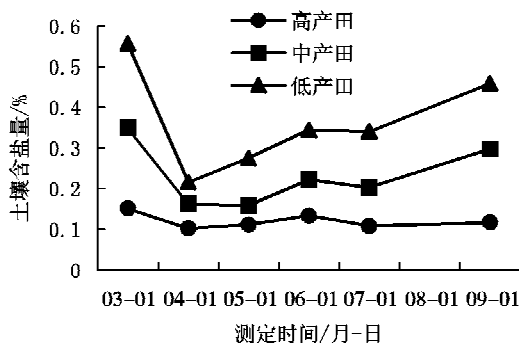


图 1 滨海盐碱地盐分含量的季节性变化

Fig. 1 Seasonal changes of salt content in coastal saline soils

盐前的水平。播种到 7 月底是棉花生长发育的关键时期,期间 3 类棉田基本维持了各自较低水平的含盐量,对棉花生长发育和产量形成无疑是有益的。

### 2.2 土壤有机质和主要养分含量的变化

2004 年 10 月 12 日测定结果表明,高产田、中产田和低产田的有机质含量分别为 1.09%、0.82% 和 0.65%;碱解氮、有效磷和有效钾的含量,高产田分别为  $36.6 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 、 $17.5 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$  和  $79 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ,中产田分别为  $29.1 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 、 $15.1 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$  和  $73 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ,低产田则分别为  $13.8 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 、 $6.47 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$  和  $178 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 。有机质、碱解氮和有效磷的含量以高产田最高,低产田最低,中产田大致介于两者之间。不过,低产田的有效钾含量很高,比高产田和中产田高 1 倍多。说明未经长期改良的低产盐碱棉田具有“有机质少,贫氮、缺磷、富钾”的特征。

2005 年不同时间土壤有机质和主要养分含量测定结果(表 1)显示,不同盐碱地土壤有机质含量差别较大,含盐量越高的地块,有机质含量越低,但整个棉花生长季节内变化不大。土壤中氮和磷的变化趋势基本一致,三类棉田的氮、磷含量皆于 4 月 25 日达到高值,之后呈现出随季节推进而逐渐降低的趋势。4 月 25 日出现高值的原因主要是施肥所致,之后由于未再追肥,氮和磷含量降低应是棉株吸收消耗所致。需要注意的是有效钾含量变化与氮、磷的变化不同,由于基肥中不含钾素,4 月 25 日没有出现高值,反而比 3 月 15 日大幅度降低,其中以低产田降低幅度最大,之后变化不明显,但在 9 月份又较显著地回升。低产田虽然富钾,但在 5-7 月份的土壤含钾量并不高。

### 2.3 棉花生长发育和产量表现

2.3.1 2005 年的田间试验结果。三类棉田棉花株高和干物质积累呈显著差异,皆以高产田最高,低产田最低(表 2)。表现在皮棉产量上,鲁棉研 19 在中产田和低产田的产量分别比高产田低 10.1% 和 27.2%;鲁棉研 18 在中产田和低产田的产量则分别比高产田低 16.5% 和 38.8%。从产量构成因素来看,皮棉产量的差异主要是铃数不同造成的,其次是铃重,衣分变化不大。需要注意的是,在低产田和中产田种植春棉(鲁棉研 18)的产量高于种植短季棉(鲁棉研 19),而在低产田则是种植短季棉的产量高于种植春棉。说明在低产盐碱地种植短季棉是一个比较好的选择。

表 1 土壤有机质和主要养分含量的季节性变化  
Table 1 Seasonal changes of contents of organic matter and main nutrients

测定项目		测定时间/月-日					
		03-15	04-25	05-24	06-21	07-24	09-07
有机质/%	高产田	1.12a	1.14a	1.18a	1.20a	1.17a	1.17a
	中产田	0.84b	0.90b	0.80b	0.94b	0.89b	0.85b
	低产田	0.62c	0.53c	0.69c	0.68c	0.67c	0.70c
碱解氮/(mg·kg <sup>-1</sup> )	高产田	58.2a	76.7a	68.7a	66.4a	48.2a	46.3a
	中产田	32.1b	57.2b	45.2b	52.3b	44.7b	40.8a
	低产田	15.2c	43.2c	40.7c	35.4c	35.2c	26.6b
有效磷/(mg·kg <sup>-1</sup> )	高产田	20.5a	42.2a	39.0a	36.3a	26.1a	18.4a
	中产田	18.3a	39.8b	33.7b	30.9b	20.8b	17.3b
	低产田	7.1b	23.7c	19.3c	17.7c	14.9c	10.1c
有效钾/(mg·kg <sup>-1</sup> )	高产田	76.1b	62.8c	50.2b	46.7b	42.2b	40.3c
	中产田	73.2b	68.7b	53.1b	41.8b	46.5b	48.6b
	低产田	207.2a	108.4a	83.5a	89.4a	98.2a	113.8a

注:同一指标中同列数字后不同字母表示差异显著(P=0.05),下同。

表 2 三类棉田的棉花生长发育和产量  
Table 2 The plant growth and development, and yield of cotton in three types of saline fields

处理	株高/cm			干重/(g·株 <sup>-1</sup> )			密度 /(株·m <sup>-2</sup> )	铃数 /(个·m <sup>-2</sup> )	铃重 /g	衣分 /%	皮棉产量 /(kg·hm <sup>-2</sup> )	
	蕾期	花铃期	吐絮期	蕾期	花铃期	吐絮期						
鲁棉研 19 高产田	18.0	68.7	74.3	1.17	30.27	96.74	6.62	76.8	4.10	40.3	1269.0a	
	中产田	17.0	58.0	70.0	1.01	26.08	60.64	6.63	68.9	4.12	40.2	1141.3b
	低产田	16.3	47.3	66.4	1.00	21.64	44.08	6.58	57.3	4.05	39.8	924.2c
鲁棉研 18 高产田	24.0	77.7	98.0	3.74	64.00	166.16	4.45	81.4	4.50	38.1	1395.6a	
	中产田	23.0	71.3	90.7	3.74	59.64	112.15	4.47	70.2	4.48	38.1	1198.2b
	低产田	21.3	52.0	77.7	3.52	37.76	55.64	4.42	51.7	4.36	37.9	854.3c

注:蕾期、花铃期和吐絮期的测定日期分别为 6 月 21 日、7 月 24 日和 9 月 7 日。

2.3.2 2005 年的盆栽试验结果。分析测定(表 3)发现,经配置用于盆栽的高、中和低盐分的土壤实际含盐量分别为 0.50%、0.37%和 0.16%,与相应 3 类试验田的含盐量接近。三类土壤的碱解氮、有效磷、速效钾和有机质含量大致相同,分别为 49 mg·kg<sup>-1</sup>、15 mg·kg<sup>-1</sup>、140 mg·kg<sup>-1</sup>和 1.0%左右。通过测定株高、干物质积累和皮棉产

量等指标,发现盆栽条件下三类土壤种植的棉花无论是生长发育还是产量皆随含盐量的升高而降低,与大田条件下不同处理间的差异趋势基本一致,也是随盐分含量越高,生长发育受抑程度越大,产量越低,其中高盐和中盐分土壤的皮棉产量分别比低盐分土壤降低了 6.7%和 2.8%,这一减产幅度明显低于大田中的减产幅度。

表 3 盆栽条件下不同含盐量对棉花生长发育和产量的影响

Table 3 The effects of different salt contents in soil on growth and yield of cotton under pot cultivation

盐分 /%	株高/cm			干重/(g·株 <sup>-1</sup> )			子棉 /(g·株 <sup>-1</sup> )	铃数 /(个·株 <sup>-1</sup> )	铃重 /g	衣分 /%	皮棉产量 /(g·株 <sup>-1</sup> )
	蕾期	花铃期	吐絮期	蕾期	花铃期	吐絮期					
0.50	16.2	50.7	54.3	0.87	19.27	46.74	25.5	6.4	3.98	40.1	10.21
0.37	15.0	48.0	50.9	0.81	18.08	44.64	24.9	6.2	4.02	39.8	9.92
0.16	12.3	40.3	52.3	0.61	15.64	39.08	22.5	5.9	4.01	39.4	9.53

注:蕾期、花铃期和吐絮期的测定日期分别为播种后 50 d、80 d 和 105 d。

### 3 讨论

山东滨海盐碱地主要分布在渤海湾南岸,黄河三角洲扇裙和莱州湾沿岸,总面积约 80 万  $\text{hm}^2$ ,开垦或改良后植棉的盐碱地约 30 万  $\text{hm}^2$ <sup>[1]</sup>。目前滨海盐渍棉田以轻度和中度为主,土壤含盐量多在 0.2%~0.6%之间<sup>[8]</sup>。本文对位于东营市东营区高产、中产和低产盐碱地的测定结果表明,三类棉田的春季含盐量分别为 0.55%、0.35%和 0.15%左右,基本代表了轻度和中度滨海盐渍棉田的盐分状况。一般认为,山东滨海盐碱地有机质含量低,并且“贫氮、缺磷、富钾”;而山东内陆盐碱地有机质含量处于中等水平,氮素和速效钾含量偏低(速效氮 19~25  $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ,速效钾 56~79  $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ),磷素水平却较高(速效磷 22~59  $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ )<sup>[6]</sup>。本文对滨海盐碱地的养分测定结果与前人报道不完全相同。所测高产田的有机质含量较高,而中产和低产田的有机质偏低;高产田和中产田的碱解氮较高,而低产田偏低;三类棉田的速效磷含量普遍偏低,而低产田的速效钾含量很高。总体来看,只有低产盐碱地符合有“机质含量低、贫氮、缺磷、富钾”的传统观点。从有机质和养分变化来看,有机质含量比较稳定,整个生育期内变化不大;氮和磷从春季到秋季呈逐步减少的趋势,这可能主要是棉株吸收消耗所致;而钾素则是养分指标中季节性变化最大的一个,高、中产田随生育进程逐渐减少,而低产田中期减少,后期又回升。盐碱地速效钾含量的变化可能既与棉株体吸收消耗有关,也与钾易随水流失的特性有关。根据以上对养分含量及变化的分析,滨海盐碱地植棉要注意增施磷肥,高、中产田施用一定量钾肥也是必要的,而低产田则要增施氮肥和磷肥,一般不需施用钾肥。

一般认为,棉花的耐盐性较强,含盐量在 0.20%以下,棉花可正常出苗,在 0.30%以下棉苗能正常生长,而现蕾后在 0.30%~0.40%的含盐条件下仍能正常生长发育,表现出随生育进程推进,耐盐性逐步增强的规律<sup>[1, 9-10]</sup>。本文三块试验田均采用播种前淡水压盐的方法使含盐量降到了可以萌发出苗的程度,在吐絮以前的生长季节内,低产田的含盐量保持在 0.35%以下,高、中产田的含盐量均在 0.25%以下,理论上对棉花的生长发育和产量不会产生太大的影响,但三者的皮

棉产量却存在显著的差异,中产田和低产田比高产田皮棉产量分别低 10%~17%和 27%~39%。而盆栽条件下高、中含盐量土壤的皮棉产量仅比对照分别低 2.8%和 6.7%。由于盆栽用土是经过配置的,虽然含盐量不同,但有机质和主要养分含量基本相同,盆栽条件下产量的差异应主要是盐分高低造成的。据此判断,不同含盐量大田棉花生长发育和产量上的差异不完全是盐分高低造成的,而与不同盐碱地的土壤结构、有机质含量以及由此造成的微生态环境的差异也有直接关系。这一结果表明,提高盐碱地棉花产量不仅要降低土壤盐分,而且要对棉田进行培肥和综合治理。

致谢:

东营市东营区岳家村村委会主任张丽萍在田间试验过程中给予多方支持,特此致谢!

参考文献:

- [1] 李文炳. 山东棉花[M]. 上海:上海科学技术出版社, 2001:407-405.
- [2] RAZZOUK S, Whittington W J. Effects of salinity on cotton yield and quality[J]. Field Crop Res, 1991, 26: 305-314.
- [3] MELONI D A, Oliva M A, Martinez C A. Photosynthesis and activity of superoxide dismutase, peroxidase and glutathione reductase in cotton under salt stress[J]. Environ Exp Bot, 2003 (49):69-76.
- [4] ASHRAF M. Salt tolerance of cotton: Some new advances[J]. Critical Rev Plant Sci, 2002, 21(1): 1-30.
- [5] AHMAD S, Khan N, Iqbal M Z, et al. Salt tolerance of cotton (*Gossypium Hirsutum* L.) [J]. Asian J Plant Sci, 2002, 1(6):715-719.
- [6] 李宽意,刘正文,胡耀辉,等. 影响盐碱地作物产量的土壤化学特征分析[J]. 江苏农业科学, 2002(3):76-78.
- [7] 关元秀,刘高焕. 黄河三角洲盐碱地动态变化遥感监测[J]. 国土资源遥感, 2003(2): 19-23.
- [8] 关元秀,刘高焕,刘庆生,等. 黄河三角洲盐碱地遥感调查研究[J]. 遥感学报, 2001, 5(1): 46-52.
- [9] 孙小芳,刘友良,陈 泌. 棉花耐盐性研究进展[J]. 棉花学报, 1998, 10(3): 118-124.
- [10] 辛承松,董合忠,唐 薇. 棉花盐害与耐盐性的生理和分子机理研究进展[J]. 棉花学报, 2005, 17(5): 309-313. ●