

不同肥力滨海盐土对棉花生长发育和生理特性的影响

辛承松, 董合忠, 唐薇, 李维江, 张冬梅, 罗振

(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)

摘要:以高肥力非盐土和高、低肥力滨海盐土盆栽棉花,研究了盐渍土肥力和盐分对棉花生长发育与生理特性的影响。结果表明,低肥力盐土种植的棉花,在出苗速率、株高增长、叶面积扩展、干物质积累、叶绿素含量和光合速率等方面显著低于高肥力非盐土(对照)的棉花,其中干物质积累和子棉产量分别比对照降低 31.7%和 20.7%;而低肥力盐土比高肥力盐土种植棉花的干物重和子棉产量则分别降低 20.6%和 11.8%,说明低肥力盐碱地棉花光合和产量的降低是养分缺乏和盐分胁迫的共同作用。降低土壤盐分含量,不断培肥地力是提高滨海盐渍土棉花产量的重要途径。

关键词:棉花;滨海盐渍土;土壤肥力;生长发育;生理特性

中图分类号:S562.01 **文献标识码:**A

文章编号:1002-7807(2007)02-0124-05

Effects of Coastal Saline Soils with Different Fertility on Plant Growth and Development as well as Physiological Characteristics in Cotton

XIN Cheng-song, DONG He-zhong, TANG Wei, LI Wei-jiang, ZHANG Dong-mei, LUO Zhen

(Cotton Research Center, Shandong Academy of Agricultural Sciences, Key Lab for Cotton Culture and Physiology of Shandong Province, Jinan 250100, China)

Abstract: Inland non-saline soil with high fertility and saline soils with low or high fertility were potted to cultivate cotton plants outdoors. Effects of both fertility and salinity of these soils on plant growth and physiological characteristics in cotton were examined. The results showed that seedling emergence, plant height, leaf expansion, dry matter accumulation, content of leaf chlorophyll and net leaf photosynthetic rate of cotton plants grown in saline soil with low-fertility (SL soil) were significantly inhibited relative to those in inland soil with high fertility (IH soil). Dry biomass and seed cotton yield of plants in SL soil decreased by 31.7% and 20.7%, while those of plants in the saline soil with high fertility (SH soil) decreased by 20.6% and 11.8%, compared with those in IH soil, respectively. It is suggested that inhibited photosynthesis and seed cotton yield are attributed to both salinity and nutrient deficiency in SL soil. Soil salinity significantly decreased the ratio of root to canopy, which can not be fully solved by increasing soil fertility alone. It is concluded that decreasing soil salinity and improving soil fertility are essential pathways to enhance cotton production in coastal saline soils.

Key words: cotton; coastal saline soil; soil fertility; growth and development; physiological characteristics

我国拥有大量滨海盐碱地,是发展棉花生产的重要土地资源^[1-2]。深入揭示盐碱地棉花生长发育特点及其影响因素对盐碱地棉花生产具有重

要指导意义^[3]。迄今关于盐碱地棉花生长发育的知识主要是通过模拟试验(水培、盆栽或盐池种植)和大田研究(盐碱地大田试验)获得的。大量

收稿日期:2006-08-20 作者简介:辛承松(1963-),男,硕士,研究员, xinchengsong@yahoo.com.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)

采用水培或盆栽开展的试验研究表明,NaCl 等盐分通过渗透胁迫、离子毒害和养分失衡等途径显著抑制棉花的生长发育,导致棉花产量降低、品质变劣^[4];在盐碱地棉田开展的试验研究和调查则发现,影响盐碱地棉花生长发育、产量和品质的因素除盐分外,还有土壤养分、土壤结构、低温、涝渍等多种因素^[5]。但是,模拟试验和一般大田试验都有其相应的局限性,前者只能研究添加的单一或数种盐分的效应,难以完全反映盐碱地实际盐分的效应,更反映不出其它影响影子的作用;后者则因盐碱地盐分分布不均的特点而影响研究结果的准确性。目前尚少见在控制条件下研究自然盐土对棉花生长发育和生理特征影响的报道。为此,我们直接采用取自滨海盐碱地的盐土盆栽棉花,在控制盐分和养分的条件下研究了滨海盐渍土盐分和肥力对棉花生长发育及生理特性的影响,以期制定盐碱地植棉技术提供指导。

1 材料与方 法

1.1 盆栽处理

盆栽试验于 2004—2005 年在山东棉花研究中心进行,2004 年为预备试验,2005 年在上年基础上进行详细观察和测定。

两年均通过采用不同的盆栽用土设计出高肥力非盐土(对照)、高肥力盐土和低肥力盐土 3 个处理。高肥力非盐土取自山东省农业科学院试验农场(济南),高肥力盐土和低肥力盐土分别取自东营市东营区岳家村。土壤化验分析结果(表 1)揭示,高肥力盐土和低肥力盐土的盐分含量相当,但有机质和 N、P 养分含量差别很大;高肥力盐土的有机质和 N、P、K 养分含量与高肥力非盐土相当,而盐分含量不同三种土壤的有效钾(K_2O)含量虽有差异但均处于较高水平,符合试验设计要求。为便于叙述,高肥力非盐土、高肥力盐土和低肥力盐土 3 个处理分别表示为处理 1(CK)、处理 2、处理 3。

表 1 盆栽土的盐分和养分含量

Table 1 Contents of salt and main nutrients in potted soils

处理	全盐 /%	有机质 /%	碱解氮 /($mg \cdot kg^{-1}$)	有效磷 /($mg \cdot kg^{-1}$)	有效钾 /($mg \cdot kg^{-1}$)
1(CK)	0.078	1.29	69.27	25.5	123
2	0.364	1.20	64.71	26.4	128
3	0.366	0.52	21.22	8.2	142

采用塑料盆栽培棉花,盆高 30 cm,直径 28

cm,底部透水孔堵塞后每盆装土 12 kg。两年皆于 6 月初播种,供试棉花(*Gossypium hirsutum* L.)品种为转基因抗虫短季棉鲁棉研 19 号。每个处理 15 盆,每盆留 3 株棉花。在整个生育期内不追肥,正常浇水、整枝、治虫。

1.2 测定项目与方法

调查棉花生育时期及不同时期的株高、叶面积、干物重,吐絮后调查单株铃数、子棉产量,计算根冠比(根系与地上部干重的比值)。并在主要生育时期测定功能叶的丙二醛(MDA)含量、过氧化物酶(POD)活性、脯氨酸含量、可溶性糖含量、叶绿素含量和净光合速率。

按前文^[17]介绍的方法测定土壤含盐量以及碱解氮、有效磷、有效钾和有机质含量。

丙二醛(MDA)含量(鲜重 $\mu mol \cdot g^{-1}$)采用与硫代巴比妥酸反应比色法测定;过氧化物酶(POD)活性(鲜重 $\Delta 470 \cdot min^{-1} \cdot g^{-1}$)采用愈创木酚氧化比色法测定;脯氨酸含量(鲜重 $\mu g \cdot g^{-1}$)测定采用在酸性条件下与水合茚三酮反应,然后以甲苯萃取比色测得;可溶性糖(%)含量采用苯酚法测定;棉叶叶绿素含量(鲜重 $mg \cdot g^{-1}$)采用 96% 的乙醇提取,在 652 nm 测出的消光度换算获得;净光合速率采用 Li-6400 光合测定系统,选晴天于上午 9-11 时测定。

2 结果与分析

2.1 对棉花生长发育的影响

各处理 6 月 9 日播种,到出苗、现蕾、开花和吐絮的时间,对照(CK)分别为 5, 36, 53 和 114 d,处理 2 分别为 8, 41, 56 和 112 d,处理 3 分别为 8, 42, 57 和 108 d。处理 2 和 3 的出苗期比对照延长 3 d,现蕾、开花分别比对照延迟 5~6 d 和 2~4 d,但吐絮期分别比对照提前 2 d 和 6 d。盐土棉花吐絮比对照提前的原因主要是铃期(开花到吐絮的时间)缩短造成的,其中处理 2 比对照缩短 5 d,处理 3 比对照缩短了 10 d。由于高肥盐土与对照肥力基本相同,铃期缩短应主要是由盐分造成的,而低肥盐土棉花铃期缩短则是盐分和肥力的共同影响。说明土壤盐渍化和养分缺乏皆可缩短棉花的铃期。

各生育阶段不同处理间的棉花株高、叶面积、干物重和根冠比差异显著(表 2)。与对照相比,处理 2 和 3 棉花的株高、叶面积、干物重和根冠比皆低于对照,说明盐分显著抑制棉花的生长发育;

处理3与处理2比较,前者的棉花株高、叶面积和干物重皆显著低于后者,说明土壤肥力也是影响盐碱地棉花生长发育的重要因素,或者说盐碱地盐分对棉花生长的抑制效应可以通过提高土壤肥

力而减轻。需要注意的是,低肥盐土与高肥盐土棉花的根冠比都低于对照,两盐土之间无显著差异,说明盐分显著抑制根系的发育,而且这种抑制效应仅通过提高肥力是不能解决的。

表2 不同处理的棉花株高、叶面积、干物质积累和根冠比

Table 2 Plant height, leaf area, dry weight and ratio of root to canopy of cotton plants grown in different soils

测定项目	处理	现蕾期	初花期	盛铃期	吐絮期
株高/cm	1(CK)	16.2a	32.3a	56.5a	58.5a
	2	13.0b	29.8b	54.3a	57.9a
	3	11.3c	23.0c	48.0b	52.9b
叶面积 (cm ² ·株 ⁻¹)	1(CK)	170.5a	313.9a	480.1a	300.2a
	2	163.1b	306.7b	456.7b	285.1b
	3	135.6c	285.6c	401.5c	270.8c
干物重 (g·株 ⁻¹)	1(CK)	5.09a	10.82a	20.75a	57.62a
	2	4.81b	9.64b	19.59a	49.57b
	3	3.62c	8.62c	17.39b	39.35c
根冠比	1(CK)	0.363a	0.460a	0.261a	0.238a
	2	0.329b	0.338b	0.236b	0.209b
	3	0.319b	0.323b	0.228b	0.194b

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。

不同处理间棉花单株铃数差异不大,而单铃重和单株子棉产量差异均达显著水平。铃数、铃重和子棉产量均以低肥盐土的处理最小,对照最大,高肥盐土的处理介于二者之间(表3)。

表3 不同处理的棉花产量

Table 3 Seed cotton yield and yield components of cotton plants grown in different soils

处理	铃数/(个·株 ⁻¹)	铃重/g	子棉产量/(g·株 ⁻¹)
处理1(CK)	5.1a	3.75a	19.13a
处理2	5.0a	3.44b	17.20b
处理3	4.8b	3.16c	15.17c

2.2 对棉花生理特性的影响

从表4看出,丙二醛(MDA)含量均以处理3

最高,对照最低,除始絮期处理2与对照、苗期处理3与处理2差异不显著外,其它时期处理间差异均达显著水平,说明细胞膜损伤程度随土壤盐分胁迫和养分缺乏而加重。过氧化物酶(POD)活性随土壤盐分含量增加和肥力降低而增加,以处理3的POD活性最强,与对照差异显著;而且在苗期、盛铃期和始絮期,处理3与处理2比较,POD活性差异也达显著水平。脯氨酸以处理3含量最高,即随着土壤盐胁迫和养分缺乏程度加重而增加。棉花不同生育时期均以处理3的叶绿素含量最低,处理2次之,对照最高。

不同时期各处理间的棉花光合速率均受土壤

表4 不同处理棉花的生理生化变化

Table 4 Physiological and biochemical performances of cotton plants grown in varied soils

测定项目	处理	苗期	现蕾期	初花期	盛铃期	吐絮期
丙二醛含量(鲜重) (μmol·g ⁻¹)	1(CK)	90a	94a	78a	103a	94a
	2	101b	122b	117b	148b	102a
	3	130b	173c	170c	237c	183b
过氧化物酶活性(鲜重) (Δ470·min ⁻¹ ·g ⁻¹)	1(CK)	105a	59.3a	118a	144a	152a
	2	106a	238b	157b	204b	206b
	3	126b	239b	162b	289c	268c
脯氨酸含量(鲜重) (μg·g ⁻¹)	1(CK)	34.8a	24.8a	29.8a	46.2a	44.9a
	2	51.0b	50.5b	49.6b	71.7b	51.6ab
	3	53.7b	52.9ab	58.8b	123.5c	52.7b
叶绿素含量(鲜重) (mg·g ⁻¹)	1(CK)	1.33a	1.02a	1.63a	1.17a	0.72a
	2	1.12b	1.09a	1.46b	1.04b	0.74a
	3	1.03c	0.68b	1.23c	0.96b	0.62b
可溶性糖含量/%	1(CK)	1.76a	1.88a	2.01a	2.00a	1.03a
	2	1.83b	1.93b	2.21b	2.15a	1.88b
	3	1.99b	2.09c	2.70c	2.63b	2.16b

盐分和养分的影响(图 1),大致趋势为处理 3<处理 2<对照(CK)。可溶性糖以处理 3 的含量最高,即随着土壤盐胁迫和养分缺乏程度加重而增加。说明养分缺乏和盐渍皆抑制棉花的光合性能。

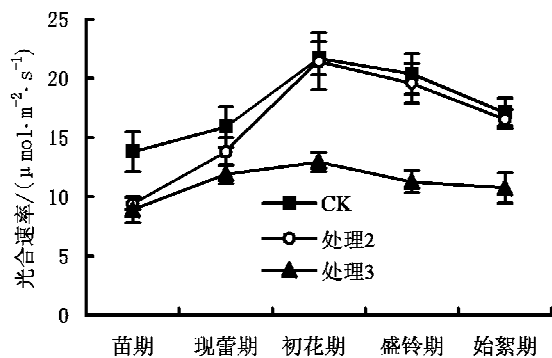


图 1 不同处理棉花的光合速率

Fig. 1 Leaf photosynthetic rate of cotton plants grown in different soils

3 讨论

3.1 对棉花生长发育的影响

前人通过盐胁迫模拟试验发现,盐分影响棉花种子的吸水膨胀,造成萌发出苗慢、出苗率低^[6];在盐胁迫下棉苗死亡株率、株高、单株干重与土壤含盐量的相关性皆达到显著或极显著水平^[7];长期盐胁迫可导致棉花长势下降,出叶速率减慢,果枝数减少,现蕾、开花、结铃推迟,花铃期缩短,蕾铃脱落增加,产量降低^[8]。本试验采用滨海盐土盆栽的结果与前人在模拟试验条件下的研究结果基本一致,发现低肥盐土棉花的干物质积累量和子棉产量分别比对照降低了 31.7% 和 20.7%,而高肥盐土棉花仅比对照降低了 14.0% 和 10.1%。这说明,低产滨海盐碱地影响棉花生长发育、干物质积累和经济产量的因素不仅是盐分,土壤有机质和养分含量的高低也是重要的影响因素。

关于盐胁迫对棉花根系发育是否具有抑制效应还存在争议。Jafri 和 Ahmad 通过模拟盐胁迫试验发现,中度盐胁迫(含盐量 0.3%~0.4%)具有促进棉花根系发育的作用^[9],而 Raia 和 Azimov^[10]、Zhong 和 Lauchli^[11] 在水培条件下则发现盐胁迫抑制棉苗根系的发育,迄今尚未见自然盐土对棉花根系发育影响的研究报道。本文利用自然盐土盆栽发现,高肥盐土和低肥盐土棉花的根冠比差异不显著,但皆显著低于高肥非盐土

(CK),说明盐碱地盐分显著抑制棉花根系的发育,而且这种抑制效应似乎并未因土壤养分的提高而缓解。滨海盐碱地棉花生产中经常出现棉花早衰现象可能与盐渍条件下棉花根系发育不良有关。

3.2 影响棉花的生理机制

盐胁迫对棉花生理生化代谢的影响是多方面的^[12]。在 NaCl 胁迫下,棉叶光合期 CO₂ 固定量和 24 h 后的 CO₂ 净同化量显著降低^[13-14],NaCl 对棉叶的蒸腾有明显的抑制作用,但抑制效应会随着处理时间的延长有所降低,表现出一定的适应性^[15]。盐胁迫对棉花蛋白质代谢和糖代谢的影响很大,主要表现在盐分抑制氮的吸收,淀粉酶活性提高,大量淀粉降解,导致蛋白质含量降低、可溶性糖含量增加^[16]。本研究的结果与前人报道基本一致,发现盐胁迫条件下,尽管 POD 活性显著提高,但 MDA 含量显著增加,说明细胞质膜已经受到伤害;叶绿素含量和光合速率显著降低,充分证实盐胁迫对棉花光合作用具有显著的抑制效应。不过,比较高肥盐土和低肥盐土棉花的光合等生理指标可以看出,提高盐渍土养分含量可以在一定程度上缓解盐胁迫的效应。

本文采用高肥力非盐土、高肥力盐土和低肥力盐土盆栽棉花,研究了不同养分和盐分含量的土壤对棉花株高增长、叶面积扩展、干物质积累和子棉产量以及某些生理生化指标的影响。由于高肥盐土与对照的有机质和主要养分含量基本相同,但盐分含量不同;高肥盐土与低肥盐土的盐分含量相同,但肥力不同。因此,比较三个处理间棉花生长发育和生理表现,可以较好地判断滨海盐碱地盐分、养分对棉花生长发育和生理特性的效应。

总之,本文通过比较高肥盐土和高肥非盐土盆栽棉花的生长发育和生理特征发现,土壤盐分显著抑制棉花的生长发育,对棉花光合作用也有显著的抑制效应;而比较高肥盐土和低肥盐土盆栽棉花的生长发育和生理特征则发现,通过提高盐碱地棉田的肥力(土壤有机质、氮和磷的含量等)可以显著缓解盐分的抑制效应。土壤有机质低、贫氮、缺磷是滨海盐渍土低产棉田的主要肥力特征。提高盐渍土棉花产量的技术途径在于,一方面要降低土壤含盐量,减轻盐分的直接影响;另一方面可采取诸如秸秆还田、种植绿肥、增施有机肥和合理施用化肥等措施培肥地力,创造有利于

棉花生长发育的土壤环境。

致谢:

东营市东营区岳家村村委会主任张丽萍在盆栽用土选择过程中给予大力支持,特此感谢!

参考文献:

- [1] 李文炳. 山东棉花[M]. 上海:上海科学技术出版社, 2001:297-336,407-435.
- [2] 关元秀,刘高焕,刘庆生. 黄河三角洲盐碱地遥感调查研究[J]. 遥感学报,2001,5(1):46-52.
- [3] 董合忠,郭庆正,李维江. 棉花抗逆栽培[M]. 济南:山东科学技术出版社,1997:65-90.
- [4] 辛承松,董合忠,唐薇,等. 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.
- [5] 李文炳,潘大陆. 棉花实用技术[M]. 济南:山东科学技术出版社,1992.
- [6] 贾玉珍,朱僖月,唐予迪. 棉花出苗及苗期耐盐性指标的研究[J]. 河南农业大学学报,1987,21(1):30-41.
- [7] 辛承松,唐薇,王洪征. 鲁棉14幼苗生长对氯化钠胁迫的反应及微量元素、激素处理的效应[J]. 棉花学报,2002,14(2):108-112.
- [8] AHMAD S, Khan N, Iqbal M Z. Salt tolerance of cotton (*Gossypium Hirsutum* L.) [J]. Asian J Plant Sci, 2002,1(6):715-719.
- [9] JAFRI A Z, Ahmad R. Plant growth and ionic distribution in cotton (*Gossypium hirsutum* L.) under saline environment [J]. Pakistan J Bot, 1994, 26: 105-114.
- [10] Raia, N A, Azimov R A. Effect of NaCl solutions on germination and seedling growth[J]. Uzbek Biol J,1988, 2: 22-24.
- [11] ZHONG H, Lauchli A. Spatial and temporal aspects of growth in the primary root of cotton seedlings. Effect of NaCl and CaCl₂ [J]. Expl Bot, 1993, 44: 763-771.
- [12] 孙小芳,刘友良,陈泌. 棉花耐盐性研究进展[J]. 棉花学报,1998(10):118-124.
- [13] HOFFMAN G H, Phene C J. Effects of constant salinity levels on water use efficiency of bean and cotton[J]. Tsans Am Soc Agr Eng, 1971(14):1103-1106.
- [14] BRUGNOLI E, Lauteri M. Effects of salinity on stomatal conductance, photosynthetic capacity and capacity and carbon isotope discrimination of salt-tolerant (*Gossypium hirsutum* L.) and salt-sensitive bean (*Phaseolus vulgaris* L.) C₃ non-halophytes[J]. Plant Physiol, 1991(95):628-635.
- [15] 赵可夫. NaCl抑制棉花幼苗生长的机理—离子效应[J]. 植物生理学报,1989,15(2):173-178.
- [16] 刘金定,朱召勇. 棉花品种在不同盐浓度胁迫下的生理表现[J]. 中国棉花,1995,22(9):16-17.
- [17] 董合忠,辛承松,唐薇,等. 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[J]. 棉花学报,2006,18(6):362-366. ●