

盐渍和涝渍对棉苗生长和叶片某些生理性状的复合效应

罗 振, 董合忠*, 李维江, 唐 薇, 张冬梅

(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:以陆地棉鲁棉研 17 和鲁棉研 28 为材料, 以无盐正常供水为对照, 研究了在盐渍、涝渍和盐涝复合胁迫 14 d 后棉苗干物质积累、叶片光合速率、叶绿素荧光参数和叶绿素含量等的变化。结果表明, 盐渍、涝渍和盐涝复合胁迫都显著影响两个品种的光合速率和干物质积累。盐渍对棉苗的影响程度小于涝渍, 而涝渍又小于盐涝复合胁迫, 盐涝双重胁迫对棉苗生长和干物质积累的抑制表现出累加效应。盐渍胁迫下叶绿素含量的下降是光合作用受抑制的重要原因, 而涝渍和盐涝胁迫下光合速率下降可能是叶绿体结构和 PSⅡ 稳定性的下降引起的。

关键词:棉花; 盐渍; 涝渍; 复合效应; 光合作用

中图分类号:S562.01 **文献标识码:**A

文章编号:1002-7807(2008)03-0203-04

Combined Effects of Waterlogging and Salinity on Plant Growth and Some Physiological Parameters in Cotton Seedling Leaves

LUO Zhen, DONG He-zhong*, LI Wei-jiang, TANG Wei, ZHANG Dong-mei

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

Abstract: Salinity and waterlogging are two important abiotic stresses to agricultural production. Since the period of plant growth and development of cotton and the rainy season overlap, a combination of waterlogging and salinity may occur in saline cotton field, but the effect of the combined stress on cotton is still not well documented. In attempt to investigate the single and the combined effects of waterlogging and salinity on cotton (*Gossypium hirsutum* L.), two cotton varieties (SCRC17 and SCRC28) were cultured and treated with either fresh water (CK), salinity, waterlogging or a combination of both stresses at the 3 true-leaf stage in a greenhouse. The photosynthetic rate (Pn), chlorophyll fluorescence parameters, chlorophyll contents in seedling leaves and plant dry weight were examined at 14 d after stress. The results showed that salinity, waterlogging or the combination significantly reduced Pn and dry weight for both cultivars, but the effect of waterlogging was significantly greater than that of salinity, and that of the combination of both stresses was greater than either stress alone. A significantly combined inhibitory effect on plants growth and leaf photosynthesis was observed in the combination treatment. The decreased Pn under salinity stress was greatly attributed to the decline of leaf chlorophyll contents, while the decreased Pn under waterlogging and a combination of both stresses might be attributed to the reduced stability of chloroplast and PSⅡ. It is suggested that improvement in irrigation and drainage in saline cotton field is a practical way to enhance cotton yield and fiber quality.

Key words: cotton; salinity; waterlogging; combined effects; photosynthesis

棉花是抗逆性较强的农作物,常作为先锋植物在盐渍化地区广泛种植。但不利的环境条件(逆境)仍会影响其生长发育,引起减产^[1]。盐渍或涝渍是大田棉花生产中常见的非生物胁迫。现有研究认为,涝渍胁迫下土壤供氧不足,一方面抑制根呼吸,影响无机离子和水分子吸收;另一方面抑制地上部光合产物的转运分配,通过反馈抑制影响光合作用,进而降低产量^[2-5]。盐渍伤害则是渗透效应和离子毒害共同作用的结果^[1,6-7]。但是,迄今尚少见盐渍和涝渍对棉花生长发育复合作用的报道^[8-9]。我国盐碱地棉花面积大,且生长季节与雨季重叠,盐碱地棉花常会遭受盐渍和涝渍的双重作用。研究揭示盐涝双重作用下棉株体的生长发育和生理表现,对于控制盐涝为害、减少损失具有重要的指导意义。

1 材料与方 法

供试材料为当前山东省推广的棉花品种鲁棉研 17(简称 L17)和鲁棉研 28(简称 L28)。脱绒晒干后,挑选饱满充实的种子播于装满大田表层的塑料栽培盆中(高 30 cm,直径 25 cm,底部出水孔阻塞)。出苗后每盆留 5 株,在日光温室中长达至 3 片真叶时作如下处理:通过在土壤中逐次加入 5% 的 NaCl 溶液,使含盐量达到 0.5%(干土含盐量,质量分数)为盐渍处理(含水量维持在持水量的 70%);以不加 NaCl 但维持土壤表面水层 1 cm 左右为涝渍处理;在土壤含盐量 0.5% 的基础上维持土壤表面 1 cm 左右水层为盐涝双重胁迫处理。每个处理设 5 个重复。处理 14 d 后,测定棉苗的有关生理生化指标和干重。

1.1 叶片光合速率测定

以 LI-6400 便携式光合测定仪(美国 LI-COR 公司生产)于上午 9:00—10:00 时测定,主茎倒 2 叶的光合速率(Pn)和其它光合参数,包括气孔导度(Gs)、胞间 CO₂ 浓度(Ci)和蒸腾速率(Tr)。测定时以本仪器携带的人工光源、控温设备和 CO₂ 气源维持光强 $1000 \pm 50 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$,温度 30℃,CO₂ 浓度 $380 \mu\text{L} \cdot \text{L}^{-1}$ 。每处理测定 5 株棉花。

1.2 叶绿素荧光参数测定

以德国 Mini-PAM 脉冲调制式叶绿素荧光仪测定主茎倒 2 叶的叶绿素荧光参数。用叶夹夹住待测叶片,暗适应 25 min 后,先照射弱测量光

($0.12 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$)测定初始荧光(F₀),随后照射强饱和脉冲光($4000 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$,脉冲时间 0.8 s),测得最大荧光(F_m),计算出可变荧光 F_v 和 PS II 最大光化学效率(F_v/F_m)。再照射作用光,依次照射测量光和饱和脉冲光,测得作用光存在时的稳态荧光 F_s 和最大荧光 F_m' ,并按 (F_s' - F_s)/F_s' 计算出 PS II 实际量子产量(ΦPS II)。每处理测定 5 株。

1.3 叶绿素和类胡萝卜素含量测定

参照邹琦^[10]的方法,称取适量倒 2 叶剪碎,以 96% 乙醇提取,放置暗处浸提 48 h 后用 Tu-1901 型双光束紫外可见分光光度计分别在波长 663 nm、646 nm 和 470 nm 处比色,测定吸光度 D 值,计算出 Chla、Chlb、Chla/Chlb 和 Chla + Chlb 及类胡萝卜素(Car)的含量。

以上测定皆重复 3 次,结果以 DPS 软件进行统计分析。

2 结果与分析

2.1 对棉苗干物重和叶片叶绿素含量的影响

处理 14 d 后,盐渍和涝渍都显著降低了棉苗的干物重(表 1)。盐渍胁迫下 L17 和 L28 的干重分别比对照下降了 14.3% 和 7.0%;涝渍胁迫下分别降低了 32.5% 和 31.5%;而盐涝双重胁迫对干物重的影响最大,分别降低了 37.1% 和 37.6%。

盐渍和涝渍也显著降低了两个品种叶片总叶绿素含量(表 1)。其中 L17 分别比对照降低了 17% 和 13%,L28 分别降低了 18% 和 12%。盐涝双重胁迫对 L17 和 L28 叶片总叶绿素含量的影响要大于单一胁迫,分别比对照降低了 36.8% 和 42.6%。盐渍胁迫下两个品种 Chla/Chlb 变化不明显,涝渍和盐涝胁迫下 Chla/Chlb 则显著下降。盐渍、涝渍和盐涝都显著降低了两个品种类胡萝卜素含量,其中又以盐涝双重胁迫条件下的降幅最大。

2.2 对棉苗叶片光合和叶绿素荧光参数的影响

在控制温度、光照和 CO₂ 浓度条件下测定发现(表 2):盐渍降低了棉苗的净光合速率(Pn),L17 和 L28 比对照分别降低了 20.1% 和 8.5%;涝渍胁迫下分别降低了 49.6% 和 48.8%;而盐涝胁迫下则分别降低了 67.5% 和 78.7%。各类胁迫对气孔导度(Gs)和蒸腾速率(Tr)的影响与净光合速率一致。盐渍胁迫下胞间 CO₂ 浓度(Ci)

显著下降,涝渍和盐涝双重胁迫下胞间 CO_2 浓度 (Ci)变化不明显。

盐渍胁迫下两个品种的 F_0 变化不明显,而涝渍和盐涝双重胁迫下 F_0 显著升高(表 3)。 F_m 、

F_v 、 F_v/F_m 和 ΦPSII 在盐渍、涝渍和盐涝胁迫下显著下降,并且下降幅度逐步加大。尤其是 ΦPSII ,盐涝双重胁迫下 L17 和 L28 分别下降 37%和 24%。

表 1 盐涝对棉苗干重和叶绿素及类胡萝卜素含量的影响

Table 1 Effect of salinity and waterlogging on biomass, leaf chlorophyll and carotenoid contents in cotton seedlings

品种	处理	干物重 /(g·株 ⁻¹)	叶绿素 a /(mg·g ⁻¹)	叶绿素 b /(mg·g ⁻¹)	Chla/b	总叶绿素 /(mg·g ⁻¹)	类胡萝卜素 /(mg·g ⁻¹)
L17	CK	1.21a	1.25a	0.36a	3.57a	1.62a	0.74a
	盐渍	1.04b	1.04a	0.31a	3.35a	1.35b	0.66b
	涝渍	0.82c	1.06a	0.35a	3.03b	1.41b	0.66b
	盐涝	0.76d	0.79b	0.27b	2.87b	1.06c	0.57c
L28	CK	1.19a	1.15a	0.32a	3.54a	1.47a	0.68a
	盐渍	1.10b	0.93a	0.27b	3.44a	1.20b	0.62b
	涝渍	0.81c	0.97a	0.32c	2.97b	1.29b	0.61b
	盐涝	0.74d	0.66b	0.22d	3.05b	0.88d	0.48d

注:同一栏内标注相同字母者为差异不显著($P<0.05$),下同。

表 2 盐渍和涝渍对棉苗光合参数的影响

Table 2 Effect of salinity and waterlogging on leaf photosynthetic parameters

品种	处理	Pn /($\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$)	Gs /($\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$)	Tr /($\text{mmol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$)	Ci /($\mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$)
L17	CK	14.5a	0.34a	5.89a	294a
	盐渍	11.58b	0.24b	4.61b	252b
	涝渍	7.3bc	0.13c	3.15c	324a
	盐涝	4.71d	0.08c	2.08d	289a
L28	CK	14.2a	0.33a	5.65a	296a
	盐渍	13a	0.24b	4.47b	267b
	涝渍	7.26b	0.11c	2.7c	296a
	盐涝	3.02c	0.06d	1.61d	282ab

表 3 盐渍和涝渍对棉苗叶绿素荧光参数的影响*

Table 3 Effect of salinity and waterlogging on fluorescence parameters in cotton seedlings

品种	处理	F_0	F_m	F_v	ΦPSII	F_v/F_m
L17	CK	388c	1740a	1352a	0.7a	0.78a
	盐渍	397c	1574b	1180b	0.67b	0.75b
	涝渍	411b	1519c	1108c	0.62b	0.71c
	盐涝	485a	1459d	974d	0.44c	0.68d
L28	CK	420b	1798a	1378a	0.72a	0.77a
	盐渍	432b	1592b	1170b	0.69a	0.73b
	涝渍	479a	1531c	1052c	0.63b	0.68c
	盐涝	487a	1503d	1016d	0.55c	0.67c

注:*, F_0 、 F_m 、 F_v 、 F_v/F_m 和 ΦPSII 均为比值。

3 讨论

本文对处理 14 d 后棉苗干重和生理性状的测定发现,盐渍、涝渍和盐涝胁迫都显著降低棉苗干重和叶片净光合速率。其中涝渍胁迫下干重和有关生理指标的降幅大于盐渍胁迫,而盐涝双重胁迫下的降幅又大于单一胁迫,说明盐涝双重胁迫

下对棉苗的为害呈现累加效应。

一般认为叶绿素含量是影响光合作用的重要因素^[11]。本研究发现,盐渍和涝渍都可导致棉花叶片叶绿素含量和净光合速率降低,其中盐渍胁迫下叶绿素含量的降幅大于涝渍,而涝渍胁迫下净光合速率的降幅则大于盐渍(表 2)。由此推测,涝渍胁迫下叶绿素含量的减少似乎不是光合

速率下降的主要原因。盐涝双重胁迫下叶绿素和类胡萝卜素含量的降幅比单一胁迫更大,呈现累加效应。Chla/Chlb 值反映出叶绿体中类囊体的堆叠程度,Chla/Chlb 值越低,类囊体膜的稳定性也越差,光合作用也更容易受影响^[12]。盐渍胁迫下 Chla/Chlb 值的下降不大,而涝渍和盐涝胁迫下 Chla/Chlb 值则显著下降。说明涝渍对类囊体的稳定性影响较大,这可能是涝渍造成净光合速率大幅下降的一个重要原因。

光合作用的影响因素多而复杂,包括气孔限制、光系统破坏、呼吸增加以及光合产物的反馈抑制等都会显著影响光合作用^[1-3]。本研究发现盐渍、涝渍和盐涝都显著降低了棉苗叶片气孔导度,胞间 CO₂ 浓度在盐渍胁迫下显著降低而涝渍和盐涝胁迫下则无明显变化,说明涝渍和盐涝胁迫下气孔因子对光合作用的影响要远小于盐渍胁迫。

叶绿素荧光参数是研究植物光合功能的快速、无损探针^[13-14]。初始荧光 F₀ 常用以度量色素吸收的能量中以热和荧光形式散失的能量;最大荧光产量 F_m 反映通过 PS II 的电子传递情况;F_v 反映原初电子受体 Q_A 的还原情况;F_v/F_m 是 PS II 的最大光化学量子产量,可表征 PS II 的活性;ΦPS II 作为实际光化学量子产量,是 PS II 的实际光能转换效率^[15]。本研究发现,盐渍胁迫下 F₀ 变化不明显,涝渍和盐涝胁迫下 F₀ 明显升高,盐渍和涝渍胁迫下两个品种的 F_m 显著下降,表明涝渍和盐涝胁迫下色素吸收的能量中以热和荧光形式散失的能量增多,用于光合作用的明显减少,通过 PS II 的电子传递明显受到抑制^[15]。盐渍、涝渍和盐涝胁迫下 F_v、F_v/F_m 和 ΦPS II 降幅依次增大,说明盐渍胁迫下 PS II 复合体以及原初电子受体受影响较小,而涝渍胁迫和盐涝胁迫下受到影响较大,色素吸收的能量中以热和荧光形式散失的能量显著增加,Q_A 的氧化态数量减少,Q_A 向 Q_B 传递电子受阻,而且 PS II 的最大光能转换效率和实际光能转换效率也显著降低,从而影响了棉苗的光合作用。

综上所述,盐渍和涝渍胁迫对棉花幼苗生长的影响机理有所不同。盐涝复合处理对棉苗的影响主要由涝渍胁迫所致,这可能由于本实验中淹水时间过长,导致涝渍胁迫对棉花幼苗的影响大于盐渍胁迫,但仍能明显看出两种胁迫对棉苗的复合效应。其复合作用的机理尚需在多种盐浓度下做进一步研究。

参考文献:

- [1] 董合忠,李维江,王留明,等. 陆地棉不同品种苗期对 NaCl 胁迫的生理反应[J]. 莱阳农学院学报, 1997, 14(2):85-89.
- [2] HOCKING P J, Reicosky D C, Meyer W S. Effects of intermittent waterlogging on the mineral nutrition of cotton[J]. Plant Soil, 1987, 101:211-221.
- [3] MILLAR A A, Dennis E. Protein synthesis during oxygen deprivation in cotton[J]. Aust J Plant Physiol, 1996, 23: 341-348.
- [4] WANG K, Jiang Y. Waterlogging tolerance of kentucky bluegrass cultivars[J]. Hortsci, 2007, 42:386-390.
- [5] 董合忠,李维江,唐薇,等. 干旱和淹水对棉苗某些生理特性的影响[J]. 西北植物学报, 2003, 23(10): 1695-1699.
- [6] ASHRAF M. Salt tolerance of cotton; some new advances [J]. Crit Rev Plant Sci, 2002, 21:1-30.
- [7] 唐薇,罗振,温四民,等. 干旱和盐胁迫对棉苗光合抑制效应的比较[J]. 棉花学报, 2007, 19(1): 28-32.
- [8] BARRETT-LENNARD E G. The interaction between waterlogging and salinity in higher plants: causes, consequences and implications [J]. Plant Soil, 2003, 253: 35-54.
- [9] 卢昌义,高海燕,陈光程,等. 盐渍和水渍对高等植物的联合作用[J]. 厦门大学学报:自然科学版, 2005, 44: 69-74.
- [10] 邹奇. 植物生理学实验指导[M]. 北京:中国农业出版社, 2000.
- [11] 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.
- [12] MASLENKORA I T. Adaptation to salinity as monitored by PSII oxygen evolving reaction in barley thylakoids [J]. J Plant Physiol, 1993, 142: 629-634.
- [13] 史胜青,袁玉欣,杨敏生,等. 水分胁迫对 4 种苗木叶绿素荧光的光化学淬灭和非光化学淬灭的影响[J]. 林业科学, 2004, 40(1): 168-173.
- [14] 李志博,魏亦农,杨敏,等. 低温胁迫对棉花幼苗叶绿素荧光特性的影响初探[J]. 棉花学报, 2006, 18(4):255-封三.
- [15] HUISEBOSCH R J, Hoff A J, Shuvalov V A. Influence of KF, DCMU and removal of Ca²⁺ on the light-spin EPR signal of the cytochrome b-599 Fe (III) ligated by OH in chloroplasts [J]. Biochim Biophys Acta, 1996, 277:103-106. ●