

棉花遭受涝渍胁迫后的快速恢复技术

徐道青, 郑曙峰, 王维, 刘小玲, 阚画春, 陈敏

(安徽省农业科学院棉花研究所/国家棉花改良中心安庆分中心, 安徽安庆 246003)

摘要 [目的]研究棉花苗期遭受涝渍胁迫后,采用不同的恢复技术对棉花形态、生理和产量及其构成因子的影响,为遭受涝渍胁迫后的棉花快速恢复提供理论参考。[方法]采用盆栽方法,以湘杂棉8号F1、中棉所63F1为试验材料,淹水15 d排除渍水后进行恢复,设置双对照,共13个处理。研究采用恢复技术后棉花形态生长、SPAD、产量、棉铃等特征变化。[结果]涝渍胁迫后采用恢复技术能加快棉花株高及叶片增长。喷施天丰素、尿素及磷酸二氢钾等技术能提高主茎功能叶叶绿素含量。喷施萘乙酸、赤霉素、乙烯利、尿素加磷酸二氢钾,土壤穴施复合肥,土壤穴施复合肥配合喷施尿素加磷酸二氢钾等恢复技术均能提高单株地上部分干物质积累量及总干物质积累量,其中总干物质积累量提高最大的技术为土壤穴施,分别比胁迫不采用恢复技术处理总干物质积累量提高45.2%、70.4%;总干物质积累量恢复到不受涝渍胁迫处理的54.1%、58.2%。对籽棉产量分析,植株喷施尿素加磷酸二氢钾、土壤穴施氮磷钾复合肥2项技术,与涝渍胁迫不采用恢复技术对照比较均达极显著差异,其中植株喷施尿素加磷酸二氢钾技术比涝渍胁迫不采用恢复技术对照提高94.9%、144.5%,恢复到未受涝渍胁迫对照的71.3%、73.6%。[结论]通过试验数据分析,棉花苗期遭受涝渍胁迫后,喷施尿素加磷酸二氢钾、土壤穴施复合肥均能快速恢复棉花生长。

关键词 棉花;涝渍胁迫;恢复生长**中图分类号** S562 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2016)25-024-04**Cotton Plant in Recovery from Waterlogging Stress**

XU Dao-qing, ZHENG Shu-feng, WANG Wei et al (Cotton Research Institute, Anhui Academy of Agricultural Sciences/National Cotton Improvement Center Anqing Sub Center, Anqing, Anhui 246003)

Abstract [Objective] The aim was to study the effects of different recovery technical measures on cotton morphology, physiology, yield and its components after waterlogged stress in cotton seedling stage, for providing theoretical reference on rapid recovery of cotton after waterlogged stress. [Method] The pot experiment was conducted with two genotypes of cotton (Xiangzhamian8 F1 and Zhongmiansuo63 F1), and recovery after 15 days flooded, setting up 13 treatments within two contrasts. The changes of cotton morphological growth, SPAD, yield, and bolls characteristics by using the recovery technical measures were studied. [Result] The results showed that the recovery of technical measures accelerated the growth of the plant height and leaf. Spraying Tianfensu, urea and potassium dihydrogen phosphate improved the leaf chlorophyll content. Spraying naphthylacetic acid, gibberellin, ethephon, urea and potassium dihydrogen phosphate, soil hole applying compound fertilizers, and soil hole applying compound fertilizers with spraying urea and potassium dihydrogen phosphate increased the dry matter accumulation of aerial part and total dry matter accumulation. The soil hole applying greatly improved the total dry matter accumulation, and compared with CK1, the total dry matter of Xiangzhamian8 F1 and Zhongmiansuo63 F1 increased by 45.2% and 70.4%, respectively. Compared with CK₂, total dry matter accumulation amount of Xiangzhamian8 F1 and Zhongmiansuo63 F1 accounted for 54.1% and 58.2%. Compared with CK₁, two technical measures of spraying urea and potassium dihydrogen phosphate and soil hole applying compound fertilizers significantly improved cotton yield, and two varieties of cotton under the technical measure of spraying urea and potassium dihydrogen phosphate increased 94.9% and 144.5%, respectively, and compared with CK₂, cotton yield of Xiangzhamian8 F1 and Zhongmiansuo63 F1 accounted for 71.3% and 73.6%. [Conclusion] According to the data analysis, after waterlogged stress on the cotton seedling stage, spraying urea and potassium dihydrogen phosphate, and soil hole applying compound fertilizers quickly restored the cotton growth.

Key words Cotton; Waterlogging stress; Recovery growth

水分是植物生长的重要环境因子之一^[1],水分过多会对植物生长不利,甚至造成严重涝害^[2]。植物对涝渍胁迫最直观的表现就是生物积累量减少,生长受到影响^[3]。张恩让等^[4]研究表明,在淹水胁迫下植物根系生长受到抑制,根系活力下降,侧根和根的数量显著减少,根尖变褐色,根系体积变小。叶片气孔阻力增加,使得气孔导度下降,造成叶片不同程度的萎蔫^[5],叶绿素含量下降,光合速率降低,叶片黄化脱落^[6-7]。我国是受涝渍灾害严重的国家,由于涝渍灾害造成的经济损失约占国民生产总值的20%。近年来,受厄尔尼诺等现象的影响,高温干旱、低温寡照及涝渍灾害频繁发生,给农业生产带来严重威胁。

棉花是我国重要的旱地经济作物,生长周期长,在其整个生育期内常常遭受涝渍胁迫。涝渍灾害是我国棉花生产的主要自然灾害之一,特别是长江中下游地区,由于地下水位过高或土壤排水不良,经常发生涝渍灾害。涝渍灾害会造成棉苗干重降低^[8-9],棉花严重减产,甚至绝收^[10-11]。涝渍灾害已成为该地区棉花高产稳产的限制因子。研究涝渍灾害对棉花的危害程度、机理变化以及如何减灾防灾已成为当前和今后农业工作者所面临的重要课题。笔者针对沿江棉区涝渍灾害频发的现状,以该地区主推的棉花品种为材料,研究各生长调节物质、肥水调控模式对棉花苗期受涝渍胁迫后恢复效果的影响,为棉花遭受涝渍灾害胁迫后的快速恢复技术提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料 供试材料为沿江棉区主要种植的棉花品种中棉所63F1和湘杂棉8号F1。

1.2 方法 该试验于2014年在安徽省农业科学院棉花研究所安庆试验基地避雨棚内进行。采用盆栽方法,选取肥料

基金项目 农业公益性行业专项(201203032);安徽省农业科学院科技创新团队建设项目(13C0707);安徽省农业科学院学科建设项目(15A0717);安徽省油菜棉花产业技术体系专项经费资助项目。

作者简介 徐道青(1976-),男,安徽望江人,副研究员,从事棉花栽培生理、新型肥料研究与产业化等工作。

收稿日期 2016-06-29

中等的沙壤土混合均匀、风干,土壤有机质含量 11.91 g/kg、全氮含量 0.086%,盆栽桶规格为 35 cm × 40 cm,每桶装土 25 kg,棉花于 5 月 6 日直播,7 月 11 日开展涝渍胁迫后的恢复措施,20 日(7 月 11 ~ 30 日)内最高气温 32.0 °C,最低 16.0 °C,平均气温低于历年同期平均温度。

1.3 试验设计 试验采用裂区设计,主区为品种,副区为棉花涝渍胁迫后的恢复技术(表 1),设置双对照,以不使用任何肥料为 CK₁,不淹水不使用任何肥料为 CK₂,共设 13 个处理,每处理 15 次重复。人工模拟涝渍灾害,各淹水处理于 2014 年 6 月 21 日开始,淹水(保持水面高于土面 2 ~ 3 cm) 15 d,渍水排除后自然恢复 5 d 实施恢复技术;非淹水处理全生育期正常水分管理(土壤水分保持田间持水量的 75% 左右),其他管理与该地区棉花田间管理一致。

1.4 调查及分析方法 每处理选取整齐一致的棉株 10 株进行定株调查,分别于 6 月 21 日、7 月 11 日及 7 月 31 日调查单株叶片数、株高、棉铃数等指标,并于 7 月 31 日选取有代表性的棉株,对棉花各处理进行毁坏性取样,每处理取棉株 2 株,按不同部位分解,先经过 105 °C 杀青,再经 80 °C 烘干至恒重进行干物质测定分析。10 月 31 日前,从各处理中选取一致性较好的棉株 10 株,进行整株籽棉采收,晒干后室内考种,计算单铃重、衣分及籽棉产量等。

采用 Excel、DPS 等软件对调查结果进行统计,采用 LSD 法分析,评价各恢复技术对棉花的作用效果。

2 结果与分析

2.1 各恢复技术对棉花苗期受淹后形态生长的影响 表 2 为棉花采用涝渍胁迫恢复技术后形态生长变化,2 个品种各处理均表现出不同程度的差异。涝渍胁迫结束后,随着时间的推移各处理株高都有所增长;采用恢复技术的处理,2 个品

表 1 棉花遭受涝渍胁迫后的恢复技术

Table 1 Recovery technique of cotton under waterlogging stress

编号 No.	处理 Treatment	用量 Dosage	是否受淹 Whether flooded
T ₁	CK ₁	0	是
T ₂	萘乙酸(NAA)	4.5 g/hm ² + 水 450 kg/hm ²	是
T ₃	赤霉素(GA)	4.5 g/hm ² + 水 450 kg/hm ²	是
T ₄	吲哚乙酸(IAA)	4.5 g/hm ² + 水 450 kg/hm ²	是
T ₅	乙烯利(ETH)	900 mL/hm ² + 水 450 kg/hm ²	是
T ₆	脱落酸(ABA)	4.5 g/hm ² + 水 450 kg/hm ²	是
T ₇	细胞分裂素(6-BA)	4.5 g/hm ² + 水 450 kg/hm ²	是
T ₈	天丰素	1.5 g/hm ² + 水 450 kg/hm ²	是
T ₉	安泰生	300 mL/hm ² + 水 450 kg/hm ²	是
T ₁₀	植株喷施尿素 + 磷酸二氢钾	9 kg/hm ² + 2.25 kg/hm ² + 水 450 kg/hm ²	是
T ₁₁	土壤穴施尿素 + 过磷酸钙 + 氯化钾	45 kg/hm ² + 120 kg/hm ² + 45 kg/hm ²	是
T ₁₂	植株喷施 + 土壤穴施	T ₁₀ + T ₁₁	是
T ₁₃	CK ₂	0	否

种株高增长量均大于涝害胁迫不采用恢复技术的 T₁ 处理;增长量最大的为 T₁₁ 处理,高于未受涝害胁迫的 T₁₃ 处理,湘杂棉 8 号 F1 和中棉所 63F1 这 2 个品种极差分别为 10.7、10.0 cm。棉花的光合作用主要来自于叶片,各处理采用恢复技术后叶片变化差别较大,湘杂棉 8 号 F1 中 T₁ 处理表现为减少,增加最多的为 T₁₁ 处理,极差为 7.3 片,叶片增长量大于未受涝渍胁迫 T₁₃ 处理的有 T₂、T₈、T₉、T₁₀ 及 T₁₁ 处理;中棉所 63F1 中 T₁ 处理表现为零增长,增长量大于 T₁₃ 处理的有 T₃、T₄、T₅、T₉、T₁₀、T₁₁ 及 T₁₂ 处理,极差为 3.3 片。单株成铃数

表 2 涝渍胁迫后棉株采取恢复技术后形态生长变化

Table 2 The change of cotton morphology before and after adopting recovery techniques

编号 No.	株高增长量 Plant height increment//cm		叶片增长量 Leaf increment//片		单株成铃数 Boll number per plant//个	
	湘杂棉 8 号 F1 Xiangzamian 8 F1	中棉所 63F1 Zhongmiansuo 63F1	湘杂棉 8 号 F1 Xiangzamian 8 F1	中棉所 63F1 Zhongmiansuo 63F1	湘杂棉 8 号 F1 Xiangzamian 8 F1	中棉所 63F1 Zhongmiansuo 63F1
T ₁	3.3	7.7	-3.3	0	1.0	0
T ₂	8.3	12.0	2.7	1.0	2.0	1.0
T ₃	10.3	13.3	1.3	3.3	1.3	0.3
T ₄	8.7	11.0	2.3	2.3	1.3	0.3
T ₅	4.7	11.7	0	2.0	2.0	0.3
T ₆	8.0	12.7	2.0	0.7	2.0	0
T ₇	10.7	16.0	0.7	1.3	0.3	0.3
T ₈	11.7	13.7	3.3	0.3	1.0	0
T ₉	9.0	15.3	2.7	3.3	1.7	0
T ₁₀	11.3	15.0	2.7	3.3	2.7	2.0
T ₁₁	14.0	17.7	4.0	3.0	2.1	2.3
T ₁₂	12.3	16.7	2.0	3.0	1.6	1.3
T ₁₃	11.7	13.3	2.3	1.7	4.0	3.7

方面,2个品种均以 T_{13} 处理最多,极差均为 3.7 个;湘杂棉 8 号 F1 单株成铃数 ≥ 2.0 个的处理有 T_2 、 T_5 、 T_6 、 T_{10} 、 T_{11} 及 T_{13} ,中棉所 63F1 仅有 T_{10} 、 T_{11} 及 T_{13} 处理单株成铃数 ≥ 2.0 个。

以上分析表明,棉花苗期遭受涝渍胁迫后,采用恢复技术能加快棉花株高及叶片的增长。其中土壤穴施肥料各处理株高增长量在 2 个品种中均大于未受涝渍胁迫的 T_{13} 处理;遭受涝渍胁迫未进行恢复技术的 T_1 处理叶片数在 2 个品种中表现为负增长或零增长,这可能是涝渍胁迫的后效性,虽然排除了渍水,但棉株自我调节的时间较长。2 个品种中叶片增长量均大于未受涝渍胁迫 T_{13} 处理的有喷施 IAA 处理、喷施肥料处理及土壤穴施肥料处理。

2.2 各恢复技术对棉花苗期受淹后主茎功能叶 SPAD 的影响 叶片叶绿素含量直接关系到光合速率,SPAD 反映叶片叶绿素大小,值大说明叶片叶绿素含量高,光合作用强。对主茎功能叶(一般倒 4 叶,涝渍胁迫后选择倒 2 或倒 3 叶) SPAD 进行测定分析,结果表明除湘杂棉 8 号 F1 中 T_3 处理,其他均大于 30;湘杂棉 8 号 F1 各处理 SPAD 大小顺序为 T_{13} 、 T_{10} 、 T_{12} 、 T_{11} 、 T_7 、 T_8 、 T_5 、 T_6 、 T_9 、 T_1 、 T_4 、 T_2 、 T_3 ,中棉所 63F1 各处理 SPAD 大小顺序为 T_{13} 、 T_{10} 、 T_{12} 、 T_8 、 T_1 、 T_7 、 T_{11} 、 T_2 、 T_6 、 T_5 、 T_9 、 T_4 、 T_3 ;2 个品种 SPAD 均高于 T_1 处理的有 T_8 、 T_{10} 、 T_{12} 和 T_{13} (图 1)。

从结果可以看出,棉花苗期涝渍胁迫后,通过喷施天丰素、喷施尿素及磷酸二氢钾等技术能提高主茎功能叶叶绿素含量,而其他恢复技术在 2 个品种中表现不一。

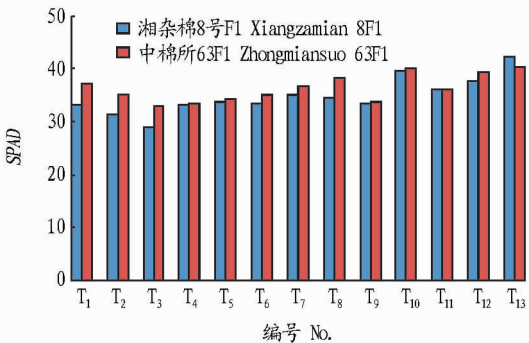


图 1 各恢复技术对棉花苗期涝渍胁迫后主茎功能叶 SPAD 的影响
Fig. 1 The influence of recovery technology on functional leaf SPAD in cotton seedling stage after waterlogging stress

2.3 恢复后各处理干物质积累量 棉花营养生长是基础,搭建一个好的营养生长平台是高产稳产的保障,棉花苗蕾期干物质积累是关键。由图 2 可知,各处理单株根干重最大的为 T_{12} 处理,最小为 T_{11} 处理,极差为 2.58 g;地上部分干物质积累量最大的为 T_{13} 处理,远远大于其他处理,比 T_{11} 处理大 44.9%,比最小的 T_7 处理大 348.8%,除 T_6 、 T_7 、 T_8 处理外,其他处理均大于 T_1 ;生殖器官干物质积累量极差为 10.57 g,最大 T_{13} 处理干物质积累量为 10.58 g,比 T_{11} 处理大 7.71 g;各处理单株干物质积累总量大小顺序为 T_{13} 、 T_{11} 、 T_4 、 T_5 、 T_{12} 、 T_{10} 、 T_2 、 T_3 、 T_9 、 T_1 、 T_8 、 T_6 、 T_7 。

由图 3 可知,各处理根干重以 T_8 处理最大、 T_7 处理最小,极差为 2.78 g;地上部分干物质积累量最大的为 T_{13} 处理,

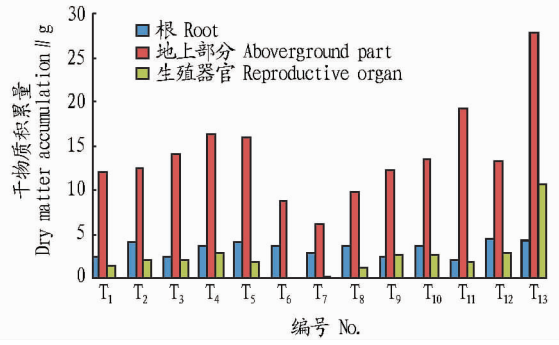


图 2 湘杂棉 8 号 F1 恢复后各处理干物质积累量

Fig. 2 Dry matter accumulation of Xiangzhamian 8 F1 in each treatment after recovery

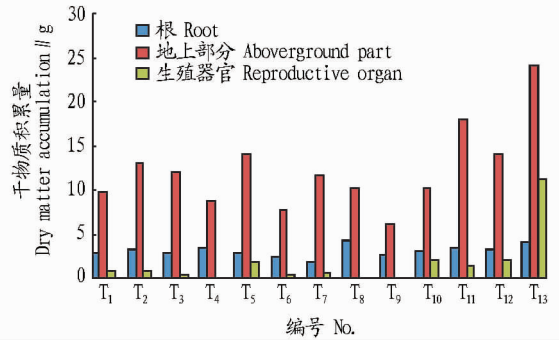


图 3 中棉所 63F1 恢复后各处理干物质积累量

Fig. 3 Dry matter accumulation of Zhongmiansuo 63F1 in each treatment after recovery

T_{11} 处理次之, T_{13} 处理比 T_{11} 大 33.0%,除 T_4 、 T_6 、 T_9 处理外,其他处理均大于 T_1 ;生殖器官干物质积累量以 T_{13} 处理最大,为 11.28 g,比 T_{10} 处理大 9.20 g,其他处理生殖器官干物质积累量均小于 2.10 g。各处理单株干物质积累总量大小顺序为 T_{13} 、 T_{11} 、 T_{12} 、 T_5 、 T_2 、 T_3 、 T_{10} 、 T_8 、 T_7 、 T_1 、 T_4 、 T_6 、 T_9 。

比较 2 个品种各处理干物质积累量, T_2 、 T_3 、 T_5 、 T_{10} 、 T_{11} 及 T_{12} 等处理均能提高地上部分干物质积累量及单株总干物质积累量。在 2 个品种中对总干物质积累量提高最大的技术均为土壤穴施,分别比胁迫不采用恢复技术处理总干物质积累量提高 45.2%、70.4%;总干物质积累量分别恢复到不受涝渍胁迫处理的 54.1%、58.2%。

2.4 恢复技术对涝渍胁迫后棉花产量及其构成因子的影响 棉花苗期受淹后是否快速恢复,最终还是看产量及其构成因子的变化。对单铃重进行分析,2 个品种均以 T_1 处理最小;湘杂棉 8 号 F1 中,单铃重最大的为 T_{13} 处理,比最小 T_1 处理高 21.6%, T_1 、 T_3 及 T_7 与其他处理差异均达显著水平;中棉所 63F1 中,单铃重最大的为 T_{10} 处理,比最小 T_1 处理高 46.3% (表 3)。该试验处理衣分为小样品衣分,值普遍较高,各恢复技术对棉花衣分的影响表现为无规律,有待进一步研究。对籽棉产量进行比较,各处理湘杂棉 8 号 F1 大小顺序为 T_{13} 、 T_{10} 、 T_{11} 、 T_2 、 T_{12} 、 T_8 、 T_5 、 T_4 、 T_7 、 T_9 、 T_1 、 T_3 、 T_6 、 T_{13} 处理与其他处理达极显著差异, T_{10} 和 T_{11} 与其他处理达极显著差异,其中 T_3 和 T_6 处理低于 T_1 处理;各处理中棉所 63F1 大小顺序为 T_{13} 、 T_{10} 、 T_{11} 、 T_2 、 T_{12} 、 T_9 、 T_5 、 T_4 、 T_3 、 T_6 、 T_8 、 T_1 、 T_7 、 T_{13} 处理

与其他处理达极显著差异, T_2 、 T_{10} 、 T_{11} 和 T_{12} 处理与其他处理 达极显著差异, 其中 T_7 处理低于 T_1 处理。

表 3 恢复技术措施对棉花产量及其构成因子的影响

Table 3 The influence of recovery technical measures on cotton yield and components

编号 No.	单铃重 Single boll weight//g		衣分 Ginning outturn//%		籽棉重 Seed cotton weight//kg/hm ²	
	湘杂棉 8 号 F1 Xiangzhamian 8 F1	中棉所 63F1 Zhongmiansuo 63F1	湘杂棉 8 号 F1 Xiangzhamian 8F1	中棉所 63F1 Zhongmiansuo 63F1	湘杂棉 8 号 F1 Xiangzhamian 8F1	中棉所 63F1 Zhongmiansuo 63F1
T_1	3.04b	2.59b	47.0	46.2	963.3cdC	785.2cC
T_2	3.67a	3.43a	45.3	45.0	1 232.3cC	1 292.3bB
T_3	3.42b	3.58a	41.2	45.3	916.1dC	883.9cC
T_4	3.46a	3.57a	45.8	46.7	1 078.7cdC	885.9cC
T_5	3.54a	3.69a	47.4	47.1	1 091.8cdC	893.0cC
T_6	3.48a	3.67a	40.9	45.6	901.3dC	877.2cC
T_7	3.43b	3.72a	46.5	49.1	1 061.7cdC	784.8cC
T_8	3.54a	3.46a	46.4	43.2	1 101.4cdC	850.2cC
T_9	3.44a	3.63a	43.5	45.8	1 051.8cdC	896.2cC
T_{10}	3.62a	3.79a	44.8	47.1	1 877.8bB	1 412.7bB
T_{11}	3.50a	3.75a	43.9	44.6	1 647.7bB	1 353.9bB
T_{12}	3.66a	3.50a	40.9	46.6	1 155.9cdC	1 290.8bB
T_{13}	3.69a	3.76a	43.8	42.8	2 634.8aA	1 920.1aA

注:大写字母不同表示在 0.01 水平上差异极显著,小写字母不同表示在 0.05 水平上差异显著。

Note: Different capital letters stand for extremely significant difference at 0.01 level, different lowercases stand for significant difference at 0.05 level.

分析 2 个品种中各恢复技术对产量及其构成因子的影响,各恢复技术能显著提高单铃重(除湘杂棉 8 号 F1 喷施 GA 处理)。各恢复技术对棉花衣分的影响无规律。采用植株喷施尿素、磷酸二氢钾和土壤穴施氮磷钾复合肥 2 项技术,与涝渍胁迫不采用恢复技术对照比较,2 个品种籽棉产量均达极显著差异,其中植株喷施尿素、磷酸二氢钾处理的产量比涝渍胁迫不采用恢复技术对照提高 94.9%、144.5%,恢复到未受涝渍胁迫的 71.3%、73.6%。

3 讨论

棉花苗期遭受涝渍胁迫,其株高将会减缓或停止增长,叶片变黄、枯萎脱落,随着涝渍胁迫的时间增加,其危害越严重,但棉花遭受涝渍胁迫后也会通过生成侧根、不定根^[12]来适应新的条件。胡江龙等^[13]研究发现可以通过测定分析叶片净光合速率、丙二醛来监测棉花恢复水平。前期研究结果^[14]表明,棉花苗期淹水(过土面 2~3 cm)10~15 d 为临界时间,到 20 d 后棉株将会枯死,基本绝收。棉花苗期涝渍胁迫 15 d 内可以采用补救技术,对棉苗进行快速恢复;超过 15 d,应该选择改种其他作物,减少经济损失。研究同时表明,棉苗越小,后期恢复越快,产量减幅越小。

棉花苗期遭受涝渍胁迫,应及时开好“三沟”排除渍水,扶理清洗棉苗,同时采用有效的恢复技术措施,快速增加棉花株高、叶片数,加强光合作用,最终增加单铃重及籽棉产量。该试验表明,喷施萘乙酸能增加植株籽棉产量,但其使用量较小,棉农很难掌握,且易受温光条件影响。该试验各施肥措施均能显著提高棉花产量,特别是喷施尿素加磷酸二氢钾,能极显著提高籽棉产量。

4 结论

棉花苗期遭受涝渍胁迫后,采用恢复技术能加快棉花株高及叶片增长。采用喷施天丰素、尿素及磷酸二氢钾等技术能提高主茎功能叶叶绿素含量。 T_2 、 T_3 、 T_5 、 T_{10} 、 T_{11} 及 T_{12} 等处

理均能提高地上部分干物质积累量及单株总干物质积累量。在 2 个品种中对总干物质积累量提高最大的技术均为土壤穴施恢复技术,分别比胁迫不采用恢复技术处理总干物质积累量提高 45.2%、70.4%;总干物质积累量分别恢复到不受涝渍胁迫处理的 54.1%、58.2%。植株喷施尿素、磷酸二氢钾和土壤穴施氮磷钾复合肥 2 项技术,与涝渍胁迫不采用恢复技术对照比较均达极显著差异,其中植株喷施尿素、磷酸二氢钾处理的产量比涝渍胁迫不采用恢复技术对照提高 94.9%、144.5%,恢复到未受涝渍胁迫的 71.3%、73.6%。

参考文献

- [1] 尹冬梅,管志勇,陈素梅,等.菊花及其近缘种属植物耐涝评价体系建立及耐涝性鉴定[J].植物遗传资源学报,2009,10(3):399-404.
- [2] 徐道青,郑曙峰,王维,等.棉花涝害胁迫研究综述[J].中国农学通报,2014,30(27):1-4.
- [3] 汪天,王素平,郭世荣,等.植物低氧胁迫伤害与适应机理的研究进展[J].西北植物学报,2006,26(4):847-853.
- [4] 张恩让,任媛媛,胡华群,等.钙对淹水胁迫下辣椒幼苗根系生长和呼吸代谢的影响[J].园艺学报,2009,36(12):1749-1754.
- [5] 支丽燕,胡松竹,余林,等.涝渍胁迫对圆齿野鸭椿苗期生长及其叶片生理的影响[J].江西农业大学学报,2008,30(2):279-282.
- [6] 吕军.渍水对冬小麦生长的危害及其生理效应[J].植物生理学通报,1994,20(3):221.
- [7] 赵可夫.植物对水涝胁迫的适应[J].生物学通报,2003,38(12):11-14.
- [8] 罗振,董合忠,李维江,等.盐渍和涝渍对棉苗生长和叶片某些生理性状的复合效应[J].棉花学报,2008,20(3):203-206.
- [9] 刘凯文,朱建强,吴启侠.蕾铃期涝渍相伴随棉花叶片光合作用与产量的影响[J].灌溉排水学报,2010,19(1):23-24.
- [10] 李慧伶,王修贵,程伦国,等.多阶段受涝渍综合影响的农田排水指标试验研究[J].灌溉排水学报,2005,24(4):1-4.
- [11] 宋学贞,杨国正,罗振,等.花铃期淹水对棉花生长、生理和产量的影响[J].中国棉花,2012,39(9):5-8.
- [12] 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.
- [13] 胡江龙,郭林涛,王友华,等.棉花渍害恢复的生理指示指标探讨[J].中国农业科学,2013,46(21):4446-4453.
- [14] 徐道青,郑曙峰,王维,等.不同淹水程度对棉花苗期生长及生理变化的影响[J].农学学报,2016,6(2):33-38.