



棉花根系分泌物对棉苗生长及生理活性的影响

刘新虎¹, 赵小亮¹, 万传星¹, 张利莉^{1,2*}

(1. 塔里木大学生命科学学院, 新疆阿拉尔 843300; 2. 新疆生产建设兵团塔里木盆地生物资源保护利用重点实验室, 新疆阿拉尔 843300)

摘要:以中棉所 35 为材料, 研究了棉花根系分泌物水收集液对棉苗生长及生理活性影响。实验结果表明: 根系分泌物低浓度时对棉花种子萌发, 棉花幼苗植株的根长、株高、地下部分鲜重及地上部分鲜重有促进作用, 而高浓度时有抑制作用; 不同浓度的根系分泌物均有使棉苗根系活力减弱、叶绿素含量降低的趋势; 根系分泌物低浓度时能促进酶 SOD 活性。

关键词:棉花; 根系分泌物; 化感作用

中图分类号: Q945.78 **文献标识码:** A

文章编号: 1002-7807(2009)04-0335-03

Effect of Cotton Root Exudates on Cotton Seedling Growth and Physiological Activity

LIU Xin-hu¹, ZHAO Xiao-liang¹, WAN Chuan-xing¹, ZHANG Li-li^{1,2*}

(1. College of Life Science, Tarim University, Alar, Xinjiang 843300, China; 2. Key Laboratory of Protection & Utilization of Biological Resource in Tarim Basin of Xinjiang Production & Construction Groups, Tarim University, Alar, Xinjiang 843300, China)

Abstract: Effect of root exudates from the cotton material (CCRI 35) collected by water on cotton seedling growth and physiological activity was investigated. The results showed that root length, plant height, above-ground fresh weight, under-ground fresh weight of cotton seedling and cotton seed germination were promoted by root exudates at the low concentration, while restrained at high concentration. Root vigor, chlorophyll contents were reduced by root exudates at different concentrations. SOD activity was promoted by root exudates at the low concentration.

Key words: cotton; root exudates; allelopathy

根系分泌物是植物在生长过程中通过根的不同部位向生长基质释放的一组种类繁多的物质, 包括碳水化合物、有机酸、氨基酸、酚类等物质。研究表明, 根系分泌物对根际土壤的物理、化学和生物化学的物质转化与动态变化, 以及对微生物和病原菌群落多少与数量大小均有影响, 是根际环境中土壤生态效应的重要问题^[1]。如根系分泌物可以影响土壤中营养元素的形态及生物有效性^[2], 能促进或抑制种子的萌发和植物的生长^[3]。

近年来, 随着化感作用研究的深入, 大量作物根系分泌物的化感现象日益被揭示, 如嫁接茄子在不同生长时期内的根系分泌物对茄子种苗有化感作用, 且其生长后期的根系分泌物呈现对种苗促进作用减弱, 抑制作用增强的化感效应^[3]。目前, 有关棉花根系分泌物的研究报道主要是其对棉花枯黄萎病菌孢子萌发的影响方面^[4], 而关于棉花根系分泌物对棉花生长的生物学效应研究尚未见报道。本文以化感作用相关特征参数为评价

指标, 通过棉花种子萌发、幼苗生长及生理特性等一系列实验, 以期揭示长期连作条件下棉花根系分泌物长期积累对棉花生长的影响, 为实现棉田生态系统的持续良性循环提供依据。

1 材料和方法

1.1 供试材料

供试棉花品种为中棉所 35。

1.2 研究方法

1.2.1 棉花根系分泌物的收集方法。将棉花光子在 75% 乙醇中处理 30 s, 再用蒸馏水冲洗净, 然后在 30% H₂O₂ 中浸泡 3~4 h, 无菌水冲洗 5~6 次, 然后用无菌水浸泡 24 h, 至种子露白。将种子在超净工作台上剥去外种皮, 于无菌培养皿中用 75% 酒精浸泡 10 s, 无菌水冲洗 3 次, 再用 0.1% 的升汞溶液浸泡 15 s, 无菌水冲洗 3 次后, 用灭菌滤纸吸尽种子表面水分, 将种子接种于灭菌的 MS 改良培养基 (MSB 培养基: MS+B5

收稿日期: 2008-10-14

作者简介: 刘新虎 (1981-), 男, 硕士, liuxh1218@163.com; * 通讯作者, zhang63lyly@yahoo.com.cn

基金项目: 国家“973”计划前期研究专项 (2007CB116303)

有机物 pH 5.5~6.0)^[5],而后在光照培养箱中 27℃暗培养 2 d,再光照培养(白天 1500 lx 光照, 28℃/14 h,夜间 26℃/10 h),至棉苗子叶平展,移栽于 Hoaglands'营养液培养槽(10×30×50)cm 中光照培养(1500 lx,14 h·d⁻¹,温度 25~30℃),及时补充营养液,培养 3~4 d 后,每 50 株大小一致的棉苗为一组,放入加有 400 mL 无菌水 1 L 的玻璃烧杯内,根部遮光,自然光照收集根系分泌物,每天收集 5 h(AM 11:30~PM 16:30)。收集液及时过滤并低温保存。收集完毕,将上述棉苗放回上述培养槽中,间隔 1 d 后继续如上条件收集。连续收集 3 次。合并 3 次收集液,50℃旋转蒸发减压浓缩,至原体积的 1/20。浓缩后 0.4 mL 浓缩液含有 1 株棉花 5 h 的分泌量。

1.2.2 棉花根系分泌物对棉花生长及生理活性影响的测定方法。(1)对棉花种子萌发影响的测定:将所得的根系分泌物浓缩液用无菌蒸馏水配制成不同浓度的根系分泌物液,即浓度依次设置为 25%、50%、100% 三个处理,依次记为 CL₁、CL₂、CL₃,下同。无菌水(CK)为空白,参考 GB/T3543.4-1995 技术规定进行发芽试验^[6]。调查 12 d 后,分别计算种子发芽势、发芽率、发芽指数、胚根长及胚轴长。

(2)对棉花幼苗生理及生长影响的测定:待 MSB 培养基中棉苗子叶展平后,取大小一致的棉苗,每管 2 株,移栽至试管(250 mm×30 mm)进行水培实验,水培液采用 Hoaglands'营养液(pH 5.5~6.0)并加入适量的浓缩根系分泌物液配制而成,使得营养液中根系分泌液的含量分别为 25%、50%、100%,每试管水培液总体积为 100 mL,以不加根系分泌物的营养液为对照,各管口用灭菌脱脂棉松散塞住,试管外壁遮光,每处理 10 次重复,于 25℃下进行光照培养(1500 lx,14 h·d⁻¹)。20 d 后测定植株根长(l)、株高(h)、地下部分鲜重(AFW)、地上部分鲜重(UFW);且参考文献^[7]进行根系活力、根系保护酶 SOD 活性及叶绿素含量等生长与生理指标的测定。

1.2.3 数据统计分析及化感指标的计算方法。采用 DPS 7.05 统计软件,利用 one-way ANOVA 结合 LSD 法对各指标进行差异显著性检验。

化感作用效应指数(RI)参考 Williamson 等^[8]的方法,当 T≥C 时,RI=1-C/T;当 T<C 时,RI=T/C-1。式中,C 为对照值,T 为处理值,RI>0 为促进作用,RI<0 为抑制作用,RI 绝对值大小代表化感作用强度。其中,RI₁ 为根长的化感效应指数,其余依此类推;化感综合效应

(synthesis effects,SE):用供体对同一受体所测试项目的 RI 的算术平均值进行评价。

2 结果与分析

2.1 根系分泌物对棉花种子萌发的影响

从表 1 发芽天数与发芽率的关系可以看出,处理 CL₁ 对种子发芽有促进作用,而随着处理浓度增加,又呈现出抑制趋势。整个发芽周期(12 d),发芽率在低浓度处理时与 CK 差异达到显著水平(P<0.05),高浓度处理时与 CK 差异不显著。但从发芽指数(GI)值看出,处理 CL₁、CL₂、CL₃ 与 CK 差异达到极显著水平(P<0.01),化感效应指数(RI)分别为 +0.1333、-0.1532 和 -0.1671;根系分泌物对棉花种子发芽的胚轴长、胚根长的影响,处理 CL₁、CL₂ 表现为促进作用,且促进作用达到了显著水平(P<0.05),处理 CL₃ 亦表现为促进作用,但差异不显著。以上说明低浓度下的棉花根系分泌物对棉花发芽有促进作用,高浓度时有一定的抑制作用。

2.2 棉花根系分泌物对棉花幼苗生长及生理活性的影响

2.2.1 根系分泌物对棉花幼苗生长的影响。表 2 为移栽 20 d 后对棉花幼苗生长发育的测定结果。从表中可以看出,处理 CL₁ 对棉花幼苗生长的指标影响多表现为促进作用,且与 CK 比较,对株高及地下部分鲜重的影响差异达到极显著水平(P<0.01)。结合表 3 中化感综合效应指数值可以看出,随着处理浓度的增加,棉花根系分泌物对棉花幼苗生长发育的促进作用呈现减弱趋势,且处理浓度为 100% 时,对幼苗的生长指标开始多表现为抑制作用。

2.2.2 根系分泌物对棉花幼苗生理特性的影响。SOD 是植物体内重要的保护酶,能清除体内过多积累的自由基,以缓解逆境的伤害。从表 4 可以看出,随根系分泌物浓度的不同,处理 CL₁ 与 CK 相比,SOD 活性增加,对 SOD 活性表现促进作用,化感指数 RI 值为 +0.2428。随着分泌物浓度的加大,处理 CL₂、CL₃ 对 SOD 活性表现出抑制作用,其化感指数分别为 -0.1360、-0.3232。在根系分泌物不同浓度下,幼苗叶绿素含量呈现不同,与对照相比都表现出降低趋势,其中处理 CL₃ 与 CK 差异达到显著水平(P<0.05);棉花幼苗根系活力随处理浓度增加逐渐降低,3 个处理与对照差异均达到极显著(P<0.01),化感指数依次为 -0.6246、-0.6139 及 -0.6704。

表 1 棉花根系分泌物对棉花种子萌发的影响

Table 1 Effect of root exudates of cotton on the seed germination of cotton

处理	发芽势/%	发芽率/%	发芽指数	胚轴长/cm	胚根长/cm
CK	70.00bB	93.33bAB	38.9145bB	2.55b	4.43bB
CL ₁	86.67aA	98.89aA	44.8972aA	3.32ab	6.44aA
CL ₂	61.11cBC	91.11bB	32.9544cC	3.48a	6.46aA
CL ₃	58.89cC	90.00bB	32.4125cC	2.95ab	4.96bAB

注:同一列数据后大、小写字母分别表示在 1%、5% 水平上的差异显著性;下同。

表2 棉花根系分泌物对棉花幼苗生长的影响
Table 2 Effect of root exudates of cotton on the seedling growth of cotton

处理	根长/cm	株高/cm	地上部分鲜重/(g·百株 ⁻¹)	地下部分鲜重/(g·百株 ⁻¹)
CK	6.4500aAB	11.4125bB	49.9925bAB	10.7813bB
CL ₁	7.7000aA	15.4750aA	70.6213aA	14.4163aA
CL ₂	6.6125aAB	11.3250bB	45.7963bB	12.6675abAB
CL ₃	4.5375bB	11.0250bB	42.9000bB	12.2750bAB

表3 棉花根系分泌物对棉花幼苗生长的化感效应指数的影响
Table 3 Effect of root exudates of cotton on RI of the seedling growth of cotton

处理	根长化感效应指数	株高化感效应指数	地上鲜重化感效应指数	地下鲜重化感效应指数	化感综合效应指数
CL ₁	0.1623	0.2625	0.2921	0.2521	0.2423
CL ₂	0.0246	-0.0077	-0.0839	0.1489	0.0205
CL ₃	-0.2965	-0.034	-0.1419	0.1217	-0.0877

表4 棉花根系分泌物对棉花幼苗根系活力、SOD活性及叶绿素含量的影响
Table 4 Effect of root exudates of cotton on root vigor, SOD activity, and chlorophyll content of cotton seedling

处理	SOD活性/(U·g ⁻¹)	RI	叶绿素/(mg·g ⁻¹)	RI	根系活力/[mg·(g·h) ⁻¹]	RI
CK	159.4395abAB	0.0000	1.6544a	0.0000	97.5476aA	0.0000
CL ₁	210.5583aA	+0.2428	1.3048ab	-0.2113	36.6205bB	-0.6246
CL ₂	137.7534bAB	-0.1360	1.2069ab	-0.2705	37.6681bB	-0.6139
CL ₃	107.9167bB	-0.3232	1.0674b	-0.3548	32.1536bB	-0.6704

3 小结与讨论

棉花在新疆种植有良好的适应性,加上棉花经济效益突出,棉花种植面积不断扩大。但新疆为典型的绿洲农业,棉田比例过大,作物种植单一,棉花无法倒茬,致使棉花长期连作现象十分普遍。近年来研究证明,植物根系分泌的某些物质能抑制其它植物的生长及根系活动,根系分泌物引起的自毒作用是造成众多作物连作障碍的重要因素之一^[3]。本实验研究表明,棉花根系分泌物对棉花种子的发芽率、胚根长及胚轴长都表现出低浓度有促进作用,高浓度有抑制作用,并使得棉苗根系活力减弱、叶绿素含量降低,且能影响保护酶SOD的活性。可以看出,棉花根系分泌物对棉花幼苗生长及生理活性有一定程度的影响,并且影响能力强弱与其浓度大小有关。在实际生产中,随着棉花连作年限的增加,根系分泌的大量物质可能会在土壤环境中不断积累或转化。因此,进一步加强对大田生态条件下棉花根系分泌物对棉花生长影响的研究,并分析其在棉花产量生产过程中影响程度的大小,将对指导棉花生产过程中合理优化耕作模式,避免因其自身根系分泌物可能引起的连作障碍,实现棉田生态系统的持续良性循环具有重要意义。

参考文献:

[1] 李勇,黄小芳,丁万隆.根系分泌物及其对植物根际土壤微生态环境的影响[J].华北农学报,2008,23(增刊):182-186.
LI Yong, Huang Xiao-fang, Ding Wan-long. Root exudates and their effects on plant rhizosphere soil micro-ecology environment [J]. Acta Agriculturae Boreali-Sinica, 2008, 23 (Suppl):182-186.

[2] MARSCHNER H, Cakmak I, Rcemheld V. Root induced changes of nutrient availability in the rhizosphere [J]. Plant Nutr, 1987(10):1175-1184.
[3] 张凤丽,周宝利,王茹华,等.嫁接茄子根系分泌物的化感效应[J].应用生态学报,2005,16(4):750-753.
ZHANG Feng-li, Zhou Bao-li, Wang Ru-hua, et al. Allelopathic effects of grafted egg plant root exudates [J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2005, 16 (4):750-753.
[4] 袁虹霞,季洪连,王焯,等.棉花不同抗性品种根系分泌物分析及其对黄萎病菌的影响[J].植物病理学报,2002,32(2):127-131.
YUAN Hong-xia, Ji Hong-lian, Wang Ye, et al. The root exudates of cotton cultivars with the different resistance and their effects on *Verticillium dahliae* [J]. Acta Phytopathologica Sinica, 2002, 32(2):127-131.
[5] 罗小敏.棉花组织培养与雪花莲凝集素基因转化[D].保定:河北大学,2004.
LUO Xiao-min. Research in cotton tissue and transformation of *Galanthus nivalis* gene [D]. Baoding: Hebei University, 2004:16-20.
[6] 国家技术监督局.农作物种子检验规程[M].北京:中国标准出版社出版,1995:40.
State Bureau of Technical Supervision. Rules for agricultural seed testing [M]. Beijing: Standards Press of China, 1995:40.
[7] 李合生.植物生理生化实验原理和技术[M].北京:高等教育出版社,2000.
LI He-sheng. Principles and techniques of plant physiological biochemical experiment [M]. Beijing: Higher Education Press, 2000.
[8] WILLIAMSON G B, Richardson D. Bioassays for allelopathy: measuring treatment responses within dependent controls [J]. Journal of Chemical Ecology, 1988, 14(1):181-187.