

# 棉花腐殖质中主要化感物质对棉花幼苗生长发育的影响

王 翌 刘连涛 孙红春 张永江 李存东

(河北农业大学 河北省作物生长调控重点实验室 河北 保定 071001)

**摘要:** 研究了棉花腐殖质中的3种主要化感物质亚油酸、软脂酸和邻苯二甲酸二丁酯对棉花幼苗生长的影响。结果表明,这3种物质对棉花幼苗生长在低浓度时表现为促进作用,促进了棉花地上器官和根系生长,降低了超氧化物歧化酶、过氧化氢酶活性,降低了丙二醛含量,提高了根系活力,而在高浓度时表现为抑制作用。其中,软脂酸表现出的抑制作用最强,亚油酸次之,邻苯二甲酸二丁酯最弱。3种化感物质按腐殖质中比例混合(亚油酸:软脂酸:邻苯二甲酸二丁酯=5:6:7)表现出更强的抑制作用,表明3种物质彼此之间存在明显的协同作用。

**关键词:** 棉花;腐殖质;化感物质;化感效应

中图分类号:S562.01 文献标识码:A 文章编号:1000-7091(2013)增刊-0192-04

## Effect of Cotton Seeding Growth and Development by Main Allelochemicals in Cotton Humus

WANG Zhao, LIU Lian-tao, SUN Hong-chun, ZHANG Yong-jiang, LI Cun-dong

(Agricultural University of Hebei, Key Laboratory of Crop Growth Regulation of Hebei Province, Baoding 071001, China)

**Abstract:** In this experiment, we studied the effect of cotton seeding growth and development by the three main allelochemicals in cotton humus: linoleic acid, palmitic acid and dibutyl phthalate. The results showed that these three substances promote the cotton seeding growth at low concentrations. Promote the growth of cotton shoots and roots, reducing superoxide dismutase and hydrogen peroxide activity, reduced the MDA content, and improve the root of the root activity, and inhibit the growth of cotton in high concentrations. Among them, palmitic acid showed the strongest inhibition, linoleic acid followed by dibutyl phthalate weakest. Three allelochemicals mixed as the proportion in humus (linoleic acid: palmitic acid: dibutyl phthalate = 5:6:7), showed greater inhibition, experiments result indicated there was obvious synergetic effect among these substances.

**Key words:** Cotton; Humus; Allelochemicals; Allelopathic effects

植物根系分泌和残茬降解时释放出的次生代谢产物称为化感物质,是作物连作障碍的主要原因之一<sup>[1]</sup>。存留于土壤中前茬的残体,其分解产物与根部接触,对植物引发毒害或促进植物自身毒性物质的产生,化感物质是以酚类化合物为主的高分子化合物,是以酯键形态存在于土壤-植物体系中<sup>[2]</sup>。

秸秆还田具有增加土壤有机质和养分含量,优化土壤物理性状的作用<sup>[3-5]</sup>。但同时棉花腐殖质所产生的化感物质大量积累可能对土壤物理性状、土

壤微生物和酶活性等造成不利影响<sup>[6-8]</sup>,也可能对作物种子萌发和幼苗生长产生抑制作用<sup>[9-10]</sup>,成为作物生长的重要障碍因子。目前已有研究较多集中在西北内陆棉区秸秆还田棉田,且主要自毒物质的作用尚不明确。根据棉花秸秆腐熟体及根系分泌物中的化感物质的检测结果<sup>[11]</sup>,亚油酸、软脂酸、邻苯二甲酸二丁酯3种化感物质的含量较高且同时存在。因此,本试验着重分析这3种物质对棉花发芽率及幼苗生长的影响,为评价并减轻连作棉田化感物质

收稿日期:2013-08-22

基金项目:河北省科学基金项目(C2010000729);河北省重点基础研究项目(10960206D)

作者简介:王 翌(1987-),男,河北张家口人,在读硕士,主要从事棉花栽培生理研究。

通讯作者:李存东(1964-),男,河北清河县人,博士生导师,主要从事作物栽培生理研究。

的不良效应,促进棉花生产可持续发展提供依据。

## 1 材料和方法

### 1.1 试验设计

试验设 17 个处理,亚油酸、软脂酸、邻苯二甲酸二丁酯均设 100、250、500、1 000 mg/L 4 个浓度等级;混合物为按腐殖质中比例(亚油酸:软脂酸:邻苯二甲酸二丁酯=5:6:7)配置混合,设 50、100、250、500 mg/L 4 个浓度等级,以蒸馏水做对照。

将健壮种子催芽后,选取发芽一致的种子移入口径 14 cm 的塑料盆中,用 Hoagland 营养液培养,每盆 1 株,每个处理设 3 次重复。在光照培养室内进行试验,光照时间每天 12 h。在培养幼苗 20 d 时测定棉花幼苗生长发育情况。试验重复 3 次。

### 1.2 测定项目与方法

1.2.1 棉花主茎叶 过氧化氢酶(POD)活性:愈创木酚法;超氧化物歧化酶(SOD)活性:氮蓝四唑法;丙二醛(MDA):参照赵世杰等<sup>[12]</sup>改进的方法。

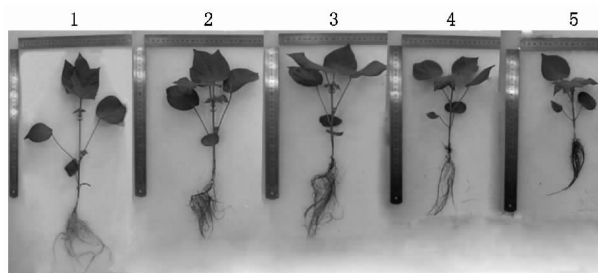
1.2.2 棉花根系 根系活力:TTC 法。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同类型和浓度化感物质对棉花形态特征的影响

各种化感物质对棉花幼苗的形态特征影响大致相同。不同浓度软脂酸对棉花生长的影响见图 1。在幼苗的培养过程中观察到,高浓度化感物质下幼苗生长受到抑制,根系呈黄褐色或黑色,根毛较短且少,植株叶片较小,而对照以及低浓度溶液中生长的幼苗根毛颜色发白,多且较长。可见化感物质浓度

过高对受体幼苗的发育有影响。



1. 对照; 2. 100 mg/L; 3. 250 mg/L; 4. 500 mg/L; 5. 1 000 mg/L。  
1. Control; 2. 100 mg/L; 3. 250 mg/L; 4. 500 mg/L; 5. 1 000 mg/L.

图 1 不同浓度软脂酸对棉花生长的影响

Fig. 1 Effect of cotton growth by different concentrations of palmitic acid

### 2.2 不同类型和浓度化感物质对幼苗生长发育的影响

如表 1 所示,几种化感物质对于幼苗生长发育的影响呈大致相同的趋势,其共同特点是在低浓度下有促进作用而在高浓度下具有抑制作用。在 100 mg/L 的浓度下各个化感物质的幼苗在地上器官重、地下器官重和株高方面都要高于对照,表明此浓度下化感物质对幼苗生长发育具有促进作用。但随着化感物质浓度的增大,抑制作用逐渐增强,在 1 000 mg/L 的浓度下抑制作用最强。在 3 种物质中,软脂酸的抑制作用最为强烈,亚油酸和邻苯二甲酸二丁酯的抑制作用相差不大。而 3 种物质的混合物在 25 mg/L 时即对幼苗的生长发育显现出抑制作用,而且随着浓度的增大抑制作用明显增强,与单种的化感物质相比,在相同的浓度下混合物具有更强的抑制作用。

表 1 不同化感物质对棉花幼苗形态的影响

Tab. 1 Effect of cotton seedling morphology by different allelochemicals

项目 Project	化感物质 Allelochemicals	处理浓度/(mg/L) Treatment concentration					
		CK	50	100	250	500	1 000
地上质量/(g/株) Aboveground weight	亚油酸 Linoleic acid	2.42		2.54	2.27	1.49	1.01
	软脂酸 Palmitic acid	2.42		2.31	2.35	1.87	1.32
	邻苯二甲酸二丁酯 Di-n-butyl phthalate	2.42		2.91	2.68	1.30	0.85
	混合物 Mixture	2.42	2.35	1.87	1.54	0.92	
根质量/(g/株) Root weight	亚油酸 Linoleic acid	0.89		0.94	0.75	0.48	0.41
	软脂酸 Palmitic acid	0.89		0.91	0.81	0.69	0.43
	邻苯二甲酸二丁酯 Di-n-butyl phthalate	0.89		1.00	0.74	0.45	0.30
	混合物 Mixture	0.89	0.87	0.82	0.63	0.29	
株高/cm Plant height	亚油酸 Linoleic acid	12.33		12.00	11.00	9.00	7.00
	软脂酸 Palmitic acid	12.33		12.00	13.00	9.50	8.00
	邻苯二甲酸二丁酯 Di-n-butyl phthalate	12.33		12.00	11.00	10.00	7.00
	混合物 Mixture	12.33	11.00	10.00	8.00	6.00	

### 2.3 幼苗生理特性

#### 2.3.1 不同类型和浓度化感物质对棉花叶片 SOD

活性(以鲜质量计)的影响 SOD 是植物体内清除活性氧的关键酶,它的主要功能是催化  $O_2^-$  发生氧

化反应生成  $H_2O_2$  和  $O_2$  ,从而防止  $O^{2-}$  对细胞的损害<sup>[13]</sup>。植物在逆境下受到的伤害或植物对逆境的不同抵抗能力往往与体内 SOD 活性水平有关。单种的化感物质在低浓度时棉花幼苗的 SOD 活性相差不大,且在 100 250 mg/L 下 SOD 活性低于对照,

但随着化感物质浓度的增大 SOD 活性逐渐升高,在 1 000 mg/L 时达到最高。软脂酸处理 SOD 活性最高,亚油酸次之,邻苯二甲酸二丁酯最低。混合物与单种化感物质相比在相同浓度下表现出更高的 SOD 活性(表 2)。

表 2 不同化感物质对棉花幼苗 SOD 活性的影响

Tab. 2 Effect of cotton seedling SOD activity by different allelochemicals

U/g

化感物质 Allelochemicals	处理浓度/(mg/L) Treatment concentration					
	CK	50	100	250	500	1 000
亚油酸 Linoleic acid	77.1		40.21bB	63.87bB	83.98abAB	98.73abAB
软脂酸 Palmitic acid	77.1		41.07bB	60.87bB	92.60aA	113.20aA
邻苯二甲酸二丁酯 Di-n-butyl phthalate	77.1		39.20bB	64.23bB	74.23bB	88.10bB
混合物 Mixture	77.1	45.21	57.24aA	84.12aA	106.48aA	

注:表中小写字母表示  $F$  测验 0.05 差异显著水平,大写字母表示 0.01 极显著水平,相同浓度下不同化感物质间比较。表 3~5 同。

Note: Different lowercase letters mean significant differences at the 0.05 level, the capital letters mean significant differences at the 0.01 level, under the same concentration of different material were compared. The same as Tab. 3~5.

2.3.2 不同类型和浓度化感物质对棉花叶片 POD 活性的影响 POD 是植物体内清除过氧化物,降低活性氧伤害的主要酶类之一。根据表 3 可知,在 100 mg/L 时单种化感物质 POD 活性都与对照相差不大,但随着浓度的增大各个处理的棉花幼苗的 POD 酶活性都随之升高,在 1 000 mg/L 时达到最

高。其中邻苯二甲酸二丁酯处理的 POD 活性增大最为显著,高于亚油酸和软脂酸。混合物的 POD 活性在 50 mg/L 时即高于对照,随着浓度增大而增高,在相同浓度下混合物的酶活性要高于单种化感物质处理。

表 3 不同化感物质对棉花幼苗 POD 酶活性的变化

Tab. 3 Effect of cotton seedling POD activity by different allelochemicals

U/g

化感物质 Allelochemicals	处理浓度/(mg/L) Treatment concentration					
	CK	50	100	250	500	1 000
亚油酸 Linoleic acid	51.8		50.3bB	62.2abB	92.8bB	103.8bB
软脂酸 Palmitic acid	51.8		51.5bB	58.2bB	93.8bB	100.2bB
邻苯二甲酸二丁酯 Di-n-butyl phthalate	51.8		48.5bB	65.0abAB	98.0abAB	152.1aA
混合物 Mixture	51.8	56.4	63.7aA	74.6aA	108.9aA	

2.3.3 不同类型和浓度化感物质对棉花叶片 MDA 含量的影响 MDA 含量可作为评判膜脂过氧化作用的主要指标之一。MDA 是细胞膜脂过氧化的产物,在正常情况下细胞内的 MDA 含量很低,当细胞受到逆境胁迫时,细胞膜发生氧化分解,MDA 大量积累<sup>[14]</sup>。根据表 4,在低浓度时单种化感物质 MDA

含量与对照相差不大,随着化感物质浓度的升高 MDA 含量随之升高。但在高浓度下软脂酸的 MDA 含量要低于另外 2 种化感物质的 MDA 含量。混合物的 MDA 含量在 50 mg/L 时与对照相差不大,随着浓度增大而增高,在相同浓度下混合物的酶活性要高于单种化感物质处理。

表 4 不同化感物质对棉花幼苗 MDA 含量的变化

Tab. 4 Effect of cotton seedling MDA activity by different allelochemicals

$\mu\text{mol/g}$

化感物质 Allelochemicals	处理浓度/(mg/L) Treatment concentration					
	CK	50	100	250	500	1 000
亚油酸 Linoleic acid	42.23		40.67bB	43.67bB	70.69bB	76.98aA
软脂酸 Palmitic acid	42.23		41.75bB	43.52bB	67.89abAB	75.62abA
邻苯二甲酸二丁酯 Di-n-butyl phthalate	42.23		40.00bB	44.98bB	72.75bB	77.82aA
混合物 Mixture	42.23	42.33	45.45aA	48.15aA	79.87aA	

2.3.4 不同类型和浓度化感物质对棉花根系活力的影响 植物根系是活跃的吸收器官和合成器官,根系活力代表着根的生长情况。根据表 5,单种的化感物质都表现出在低浓度促进根系活力而在高浓

度下抑制根系活力的特点。在较低浓度时,几种物质表现相差不大,但在 1 000 mg/L 时邻苯二甲酸二丁酯表现出更强烈的抑制作用。混合物在 50 mg/L 时根系活力低于对照,随着浓度的增加,根系活力降

低,与单种化感物质相比,在相同的浓度下,混合物表现出更为强烈的抑制作用。

表 5 不同化感物质对棉花幼苗根系活力的影响

化感物质 Allelochemicals	处理浓度/(mg/L) Treatment concentration					
	CK	50	100	250	500	1000
亚油酸 Linoleic acid	182		191.5aA	142.8aA	121.2aA	108.4aA
软脂酸 Palmitic acid	182		194.7aA	150aA	127.9aA	109.8aA
邻苯二甲酸二丁酯 Di-n-butyl phthalate	182		185.1abA	135.6aA	117.3aA	84.5bB
混合物 Mixture	182	167	133.4bB	98.4bB	82.6bB	

3 结论与讨论

从棉花腐殖质中检测出的亚油酸、软脂酸、邻苯二甲酸二丁酯 3 种化感物质对棉花幼苗生长有显著影响,使棉花幼苗的生长变弱,地上和地下部器官的质量均减轻,株高变矮,SOD 活性变高,POD 活性变高,MDA 含量升高,根系活力降低。其作用强弱和化感物质的种类以及浓度有关。并且 3 种化感物质形成协同作用,使得化感物质影响作物生长的阈值降低,从而更加强烈地影响作物生长。由此可以看出,棉花腐殖质所产生的化感物质对棉花的生长所产生的影响是连作障碍发生的一个重要原因,因此应加强对棉花连作所产生的化感效应的研究,为解除连作障碍,提高棉花的产量和品质提供一个科学的理论指导。

尽管利用单一的化学试剂在人为环境下对棉花的生长进行试验并不能完全地解释棉花在大田中的实际情况,但是通过这些化感物质对作物生长影响的研究可以部分地了解化感物质对棉花生长的影响方面和方式,从而为最终解释和解决连作障碍奠定基础。

参考文献:

[1] Singh H P ,Daizy R B ,Kohli R K. Autotoxicity: concept , organisms ,and ecological significance [J]. Critical Reviews in Plant Sciences ,1999 ,18( 6) :757 -772.

[2] 高子勤 ,张淑香. 连作障碍与根际微生态研究 I . 根系分泌物及其生态效应 [J]. 应用生态学报 ,1998 ,9( 5) :549 -554

[3] 武志杰 ,张海军 ,许广山 ,等. 玉米秸秆还田培肥土壤的效果 [J]. 应用生态学报 ,2002 ,13( 5) :539 -542.

[4] 李彦斌 ,刘建国 ,程相儒 ,等. 秸秆还田对棉花生长的化感效应 [J]. 生态学报 ,2009 ,29( 9) :4942 -4947.

[5] 朱新萍 ,梁 智 ,王 丽 ,等. 连作棉田土壤酶活性特征及其与土壤养分相关性研究 [J]. 新疆农业大学学报 ,2009 ,32( 4) :13 -16.

[6] 李月华 ,郝月皎 ,李娟茹 ,等. 秸秆直接还田对土壤养分及物理性状的影响 [J]. 河北农业科学 ,2005 ,9( 4) :25 -27.

[7] 陈芝兰 ,张涪平 ,蔡晓布 ,等. 秸秆还田对西藏中部退化农田土壤微生物的影响 [J]. 土壤学报 ,2005 ,42( 4) :696 -699.

[8] 单鸿宾 ,梁 智 ,王纯利 ,等. 棉田连作对土壤微生物及酶活性的影响 [J]. 中国农业科技导报 ,2009 ,11( 1) :113 -117.

[9] 王 璞 ,赵秀琴. 几种化感物质对棉花种子萌发及幼苗生长的影响 [J]. 中国农业大学学报 ,2001 ,6( 3) :26 -31.

[10] Ma R X ,Liu X F ,Yuan G L *et al.* Study on allelochemicals in the process of decomposition of wheat straw by microorganisms and their bioactivity [J]. Acta Ecologica Sinica ,1996 ,12( 6) :633 -637.

[11] 李艳宾 ,张 琴 ,万传星 ,等. 棉秆腐解物的化感作用及其主要化学成分分析 [J]. 棉花学报 ,2009 ,21( 6) :497 -502.

[12] 赵世杰 ,许长城 ,邹 琦 ,等. 植物组织中丙二醛测定方法的改进 [J]. 植物生理学通讯 ,1994 ,30( 3) :207 -208.

[13] 周嘉槐 ,张智勇 ,郭敦俊 ,等. 杂交水稻空秕粒生理的研究 [M] // 植物生理生化进展. 北京: 科学出版社 ,1984: 40 -59.

[14] 陈 贵 ,胡文玉 ,谢甫绵 ,等. 提取植物体内 MDA 的溶剂及 MDA 作为衰老指标的探讨 [J]. 植物生理学通讯 ,1991 ,27( 1) :44 -46.