

网络出版日期:2018-01-12

网络出版地址: <http://kns.cnki.net/kcms/detail/61.1220.S.20180112.0934.012.html>

小麦、苜蓿秸秆浸提液对棉花的化感效应

孙新展, 刘建国, 陈华伟, 韩羽, 符家伟

(石河子大学, 新疆石河子 832003)

摘 要 为缓解新疆棉花长期连作障碍, 小麦和苜蓿与棉花合理轮作提供理论依据, 研究不同质量浓度的小麦、苜蓿浸提液对棉花种子萌发和幼苗生长的影响。结果表明: 小麦、苜蓿秸秆水浸提液对棉花种子的萌发表现出一定的化感效应, 低质量浓度(10 g/L)的小麦浸提液可促进棉花幼苗生长, 根系活力、超氧化物酶(SOD)活性、过氧化氢酶(CAT)活性的化感指数分别为 0.22、0.12、0.22, 高质量浓度浸提液均表现为抑制作用; 苜蓿秸秆浸提液处理抑制了棉花种子萌发及幼苗生长, 且抑制效应随着浸提液质量浓度增加而增加; 随小麦、苜蓿秸秆浸提液质量浓度的升高棉花叶片中的丙二醛(MDA)分别由 5.4、8.45 $\mu\text{mol/g}$ 上升到 10.16、13.06 $\mu\text{mol/g}$, 高质量浓度浸提液可破坏幼叶的生物膜系统, 导致细胞内含物外泄, 破坏抗氧化保护酶系统, 过氧化物酶(POD)活性不断升高, 加速植物的衰老。综合来看, 苜蓿水浸提液对棉花的抑制作用大于小麦浸提液。

关键词 小麦; 苜蓿; 棉花; 水浸提液; 化感作用

中图分类号 S311; S314

文献标志码 A

文章编号 1004-1389(2018)01-0069-07

新疆是中国的产棉大省, 棉花种植面积不断扩大, 种植年限不断增加, 因此, 连作问题日益凸显, 如棉田化感自毒物质积累, 抑制棉花种子萌发, 影响幼苗生长, 降低棉花叶片的光合作用能力等。发达国家因农作制度的不同, 虽对连作问题略有涉及但相对国内研究不深, 化感作用作为连作障碍的成因之一, 其研究越来越受到广大学者的重视。

植物间的化感作用主要通过植物或植物残体向环境中释放出化感物质从而对受体植物产生有利或有害的作用^[1]。这些化感物质主要通过淋溶、根系分泌物、残体分解和挥发体内代谢产物, 以最见见的有机酸和酚类等物质释放出来影响作物的生长发育^[2-3]。因此, 研究秸秆浸提液对作物的化感作用具有重要的意义, 迄今为止学者们已从多方面研究植物的化感作用^[4-8], 刘建国等^[9]研究了棉花秸秆水浸提液对小麦、番茄、油菜、苜蓿4种作物种子萌发和幼苗生长形态的影响; 张国伟等^[10]对棉花秸秆浸提液中总酚酸的质量浓度(10.05~124.33 mg/L)与小麦种子萌发和根系生长的关系进行了深入研究; 李志华^[11]的研究表

明, 紫花苜蓿地上部分的化感作用大于地下部分, 且呈现出明显的质量浓度效应, 紫花苜蓿中的多种酚酸类物质具有协同作用, 对受体萝卜造成一定损伤; 刘瑞显等^[12]研究了小麦浸提液对棉花种子发芽及幼苗根系生长的影响。Sui等^[13]在小麦和棉花轮作系统中, 将小麦秸秆还田后, 棉绒产量提高, 是因为其化感物质促进棉花产量形成。最新研究表明^[14], 绿洲农田有机肥、无机肥混施并辅以秸秆还田的农田操作可以改善农田土壤环境。

因此, 以秸秆水浸提液为研究对象, 以棉花为受体, 全面分析小麦秸秆浸提液和苜蓿秸秆浸提液对棉花种子萌发和幼苗生长的化感效应, 为采用小麦、苜蓿分别和棉花轮作倒茬并辅助以秸秆还田的方式缓解棉花化感自毒作用提供理论依据, 为解决棉花长期连作障碍, 构建棉花与小麦、苜蓿轮作模式提供理论参考。

1 材料与方法

1.1 试验材料

供试棉花品种为‘新陆早45号’, 供试小麦(W)秸秆采自石河子大学试验站, 供试苜蓿(A)

收稿日期: 2017-09-11 修回日期: 2017-10-23

基金项目: 国家自然科学基金(31560375)。

第一作者: 孙新展, 男, 硕士研究生, 研究方向为绿洲生态与耕作制度。E-mail: 912413612@qq.com

通信作者: 刘建国, 男, 教授, 硕士生导师, 研究方向为绿洲生态与耕作制度。E-mail: l-jianguo@126.com

秸秆采自石河子大学农试场。去除小麦、苜蓿秸秆中的杂质,自然晾晒风干,先剪成 3~5 cm 的小段,后用粉碎机粉碎成粉末。参考于建光等^[15]的方法制备秸秆浸提液并稀释得到所需质量浓度的处理液。秸秆浸提液是将秸秆粉末(g)与水(mL)以 1:10 的比例在 28 ℃下每 12 h 搅拌 10 min 浸提 48 h,先 4 层纱布过滤,后单层滤纸抽滤 2 次,质量浓度为 100 g/L。用蒸馏水将所得浸提液的母液稀释为 0 g/L(对照,CK)、10 g/L、20 g/L、40 g/L、60 g/L 5 个质量浓度备用。

1.2 试验方法

棉花种子萌发试验:每个处理挑选 50 粒经体积分数 10% 的 H_2O_2 消毒 20 min 的棉花种子,放置于铺有 200 mL 蛭石的发芽盒中,蛭石使用前 126 ℃、25 min 灭菌处理,分别加入不同质量浓度的浸提液 100 mL,重复 3 次。将发芽盒置于 28 ℃,相对湿度 50% 的无光照人工气候室内培养。

棉花幼苗生长试验:将经过 2 d 催芽处理的棉花种子转移到含有 900 mL 蛭石直径 9 cm,高 20 cm 的栽培装置内,每个装置内种 15 株棉花幼苗,分别浇 400 mL 的不同质量浓度的处理液。培养条件:昼夜温度 28 ℃,相对湿度 50%,每天光照 12 h。每 3 d 浇 100 mL 的蒸馏水,浇水 3 次,于培养后第 12 天选取 10 株进行测量。

1.3 测定指标

统计棉花种子每天的发芽数,并于第 7 天测量幼根长度,计算种子的发芽势、发芽率和发芽指数。计算公式为:发芽势 = 3 d 内发芽种子数/供试种子数 $\times 100\%$;发芽率 = 7 d 内发芽种子数/供试种子数 $\times 100\%$;发芽指数 = $\sum (G_i/D_i)$,式中 D_i 为发芽时间, G_i 为与 D_i 相对应的每天发芽种子数。用尺子手工测量主根长度和苗高,用万分之一分析天平称量根鲜质量和苗鲜质量。根系活力(RV)采用氯化三苯基四氮唑(TTC)法测定,丙二醛(MDA)质量摩尔浓度采用赵海泉^[16]的硫代巴比妥酸(TBA)法测定,抗氧化酶[超氧化物酶(SOD)、过氧化物酶(POD)、过氧化氢酶(CAT)]活性采用李合生^[17]的方法测定。

计算化感指数(RI)^[18],当 $T \geq C$ 时, $RI = 1 - C/T$;当 $T < C$ 时, $RI = T/C - 1$;式中 C 是对照值, T 是处理值; $RI > 0$ 时表示促进作用,当 $RI < 0$ 时为抑制作用, RI 的绝对值代表作用强度。化感综合效应(SE)^[19-20]用该处理下化感效应指数

(RI)的算术平均值来表示。

1.4 数据统计分析

数据采用 Excel 2007 和 SPSS 19.0 软件进行统计分析,采用单因素方差分析(one-way ANOVA)和 Duncan 法进行差异显著性检验,比较不同数据组间的差异($\alpha = 0.05$),用 Pearson 法进行相关性分析。

2 结果与分析

2.1 小麦、苜蓿秸秆浸提液对棉花种子萌发的影响

由表 1 和图 1 可知:小麦和苜蓿浸提液对棉花种子的萌发均有一定的化感作用,相同质量浓度下,苜蓿浸提液对棉花发芽势、发芽率和发芽指数的化感指数都小于小麦浸提液。低质量浓度小麦浸提液提高了棉花种子的发芽势和发芽率,但对种子萌发影响较小;高质量浓度小麦浸提液抑制了棉花种子的萌发,质量浓度为 60 g/L 时,发芽势和发芽指数与对照差异显著($P < 0.05$)。4 种质量浓度的苜蓿浸提液均抑制了棉花种子的萌发,当质量浓度达 20 g/L 时,与对照差异显著。低质量浓度下(10 g/L),小麦浸提液和苜蓿浸提液的综合化感效应分别为 -0.03 和 -0.05;高质量浓度下(60 g/L),小麦浸提液和苜蓿浸提液的综合化感效应分别为 -0.20 和 -0.40。由化感综合效应可知,各质量浓度处理下的小麦和苜蓿浸提液对棉花种子萌发表现出一致的化感抑制作用,且这种抑制作用与质量浓度有关,即随质量浓度的升高,抑制作用增强,同质量浓度下苜蓿浸提液对棉花种子萌发的抑制作用较强。

2.2 小麦、苜蓿秸秆浸提液对棉花幼苗生长形态的影响

由表 2 和图 2 可以看出:小麦和苜蓿浸提液对棉花幼苗生长具有一定的化感作用,且随质量浓度升高,化感作用越强。就小麦浸提液而言,各质量浓度浸提液抑制了主根的伸长,与对照相比差异显著,在 60 g/L 处理下,棉花主根长受到的抑制作用最大,其化感指数为 -0.24;低质量浓度浸提液增加了棉花的苗高,根鲜质量和苗鲜质量,高质量浓度小麦浸提液抑制了棉花幼苗的生长。就苜蓿浸提液而言,质量浓度越高,浸提液对棉花幼苗的生长抑制作用越强,各质量浓度处理与对照差异显著,仅质量浓度为 10 g/L 时,根鲜质量、主根长、苗高和苗鲜质量的化感抑制强度就分别高达 0.24、0.26、0.32 和 0.39。从化感综合效应

来看,小麦秸秆水浸提液各质量浓度处理对棉花幼苗生长的化感抑制作用较小,低质量浓度(10 g/L)有助于棉花幼苗的生长,其综合效应为

0.02,高质量浓度抑制幼苗的生长;苜蓿浸提液对棉花幼苗生长的抑制作用比小麦大,随质量浓度的增加而增强。

表 1 小麦、苜蓿秸秆浸提液处理下棉花种子的萌发指标($\bar{x}\pm s$)

Table 1 Germination parameters of water extract liquids from wheat and alfalfa straw on cotton seeds

作物 Crop	质量浓度/(g/L) Mass concentration	种子发芽势 Seed germination potential		种子发芽率 Seed germination rate		种子发芽指数 Seed germination index	
		发芽势/% Germination potential	RI	发芽率/% Germination rate	RI	发芽指数 Germination index	RI
W	0	84.7±8.3 ab	—	92.3±4.2 a	—	24.5±0.9 a	—
W	10	84.7±7.0 ab	0.00	91.6±5.5 a	−0.01	22.4±3.4 ab	−0.09
W	20	86.7±2.3 a	0.02	92.1±2.1 a	0.00	22.1±1.5 ab	−0.10
W	40	76.7±8.3 ab	−0.09	87.4±4.6 a	−0.05	18.8±3.5 b	−0.23
W	60	64.7±2.1 b	−0.25	86.1±5.0 a	−0.06	17.2±3.5 b	−0.30
A	0	78.7±3.1 a	—	83.3±3.1 a	—	24.4±1.3 a	—
A	10	75.3±1.2 a	−0.04	84.0±4.0 a	0.01	21.4±0.4 b	−0.12
A	20	66.0±9.2 b	−0.16	74.0±6.9 b	−0.11	19.7±1.9 b	−0.19
A	40	53.3±1.2 c	−0.32	70.0±5.3 bc	−0.16	13.4±1.1 c	−0.45
A	60	45.3±3.1 c	−0.42	62.7±5.0 c	−0.25	11.4±0.5 c	−0.53

注:同列中不同字母表示差异显著($P<0.05$),下同。
Note:Different letters in the same column mean significant difference at 0.05 probability level,the same below.

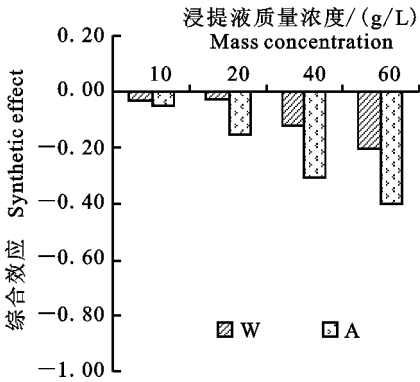


图 1 不同质量浓度水浸提液对棉花种子萌发的化感综合效应比较

Fig. 1 Comparison of allelopathic potentials of aqueous extract of different mass concentrations to cotton seeds germination

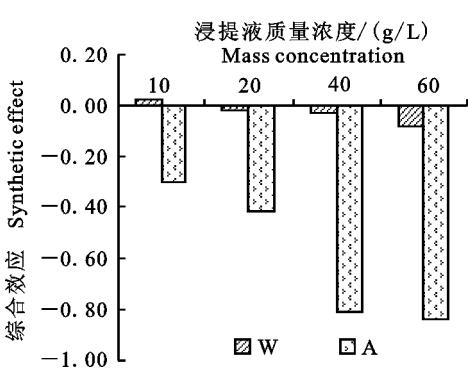


图 2 不同质量浓度水浸提液对棉花幼苗生长的化感综合效应比较

Fig. 2 Comparison of allelopathic potentials of aqueous extract of different mass concentrations to cotton seedling

2.3 小麦、苜蓿秸秆浸提液对棉花幼苗生理活性的影响

表 3 表明,与对照相比,高质量浓度小麦浸提液和苜蓿浸提液随质量浓度升高,根系活力、幼叶 SOD 和 CAT 活性降低,幼叶中丙二醛质量摩尔浓度和 POD 活性提高,低质量浓度小麦浸提液与此结果相反。10 g/L 和 20 g/L 小麦浸提液处理下的根系活力较对照显著提高,分别为对照的 1.27 和 1.09 倍,而苜蓿浸提液在 10 g/L 时,抑制

作用最低,为对照的 88%。随质量浓度增加,20 g/L 处理时,小麦浸提液处理下的棉花幼叶丙二醛质量摩尔浓度开始增加,40 g/L 时与对照差异显著;20 g/L 处理时,苜蓿浸提液处理下的丙二醛质量摩尔浓度开始增加,且与对照差异显著。小麦浸提液处理的幼叶 SOD 和 CAT 活性随质量浓度变化的规律相同,先升高后降低;POD 活性先降低后升高,SOD 活性与对照差异显著,高质量浓度(60 g/L)处理下的 CAT 和 POD 活性

与对照差异显著,分别为对照的 62%和 1.62 倍。随苜蓿浸提液升高,SOD 和 CAT 活性降低,与对照差异不显著;POD 活性不断升高,各质量浓度处理均与对照差异显著。

2.4 棉花各项萌发生长指标相关性分析

表 4 相关性显示,在 12 个指标的 66 个相关系数中,2 个表现出显著正相关($P<0.05$),23 个表现出极显著正相关($P<0.01$),1 个表现出显著负相关,14 个表现出极显著负相关,26 个表现出

不显著。其中,发芽势、发芽率、发芽指数、主根长、根鲜质量、苗高和苗鲜质量此 7 者互为极显著正相关的关系,SOD 活性与 CAT 活性极呈显著正相关,POD 活性与 MDA 质量摩尔浓度呈极显著正相关。根系活力与发芽势和发芽指数呈显著正相关,与 MDA 质量摩尔浓度呈显著负相关。POD 活性和 MDA 质量摩尔浓度与发芽势、发芽率、发芽指数、主根长、根鲜质量、苗高和苗鲜质量极显著负相关。

表 2 小麦、苜蓿秸秆浸提液处理下棉花幼苗的形态指标($\bar{x}\pm s$)

Table 2 Morphological parameters of water extract liquids from wheat and alfalfa straw on cotton seedlings										
作物 Crop	质量浓度/ (g/L) Mass concentration	主根长 Principal root length		根鲜质量 Root fresh mass		苗鲜质量 Seedling fresh mass		苗高 Seedling height		
		数值/cm Value	RI	数值/g Value	RI	数值/g Value	RI	数值/cm Value	RI	
W	0	19.8±1.7 a	—	0.126±0.022 a	—	0.704±0.128 ab	—	11.8±1.6 a	—	
W	10	17.6±1.5 b	−0.11	0.134±0.022 a	0.06	0.781±0.043 a	0.1	12.3±1.5 a	0.04	
W	20	16.9±1.5 b	−0.15	0.139±0.021 a	0.09	0.687±0.076 ab	−0.03	12.2±1.1 a	0.03	
W	40	16±1.3 bc	−0.19	0.142±0.10 a	0.12	0.685±0.103 ab	−0.03	11.7±2.4 a	−0.01	
W	60	15.1±2.1 c	−0.24	0.135±0.007 a	0.07	0.628±0.092 b	−0.11	11.4±1.4 a	−0.03	
A	0	19.6±1.3 a	—	0.163±0.028 a	—	0.662±0.071 a	—	11.8±1.2 a	—	
A	10	14.5±2.7 b	−0.26	0.124±0.019 b	−0.24	0.402±0.133 b	−0.39	8.1±2.1 b	−0.32	
A	20	10.8±3.3 c	−0.45	0.099±0.033 c	−0.39	0.379±0.128 b	−0.43	7.2±1.7 b	−0.39	
A	40	3.5±1.4 d	−0.82	0.031±0.005 d	−0.81	0.140±0.074 c	−0.79	2.1±0.6 c	−0.82	
A	60	2.8±0.7 d	−0.86	0.027±0.009 d	−0.84	0.139±0.025 c	−0.79	1.4±0.5 c	−0.88	

表 3 水浸提液处理下棉花幼苗的生理指标($\bar{x}\pm s$)

Table 3 Physiological parameters of water extract liquids on cotton roots and seedlings												
作物 Crop	质量 浓度/ (g/L) Mass concentration	RV		MDA		SOD		POD		CAT		
		活力/ [μg/(g·h)] Activity	RI	质量摩尔浓度 / (μmol/g) Molality	RI	活力/ (U/g) Activity	RI	活力/ [U/(g·min)] Activity	RI	活力/ [U/(g·min)] Activity	RI	
W	0	69.5±0.4 c	—	6.53±0.80 cd	—	1 489.7±31.9 b	—	571.6±31.2 bc	—	402.7±36.5 ab	—	
W	10	89.4±2.6 a	0.22	5.40±1.57 d	−0.17	1 692.0±114.9 a	0.12	525.3±139.8 c	−0.08	410.7±32.3 a	0.02	
W	20	76.2±1.1 b	0.09	7.46±0.19 bc	0.12	1 213.5±138.9 c	−0.19	613.6±32.2 bc	0.07	345.3±33.0 b	−0.14	
W	40	66.9±3.3 c	−0.04	8.87±0.82 ab	0.26	741.9±90.2 d	−0.5	706.1±51.3 b	0.19	339.4±23.2 b	−0.16	
W	60	49.4±0.6 d	−0.29	10.16±1.36 a	0.36	527.6±38.3 e	−0.65	923.6±85.8 a	0.38	248.3±42.5 c	−0.38	
A	0	89.5±0.5 a	—	7.25±0.93 b	—	3 345.5±373.2 a	—	795.6±55.1 c	—	530.0±69.1 a	—	
A	10	79.0±1.6 b	−0.12	8.45±0.38 b	0.14	2 739.4±549.2 a	−0.18	1 122.7±229.3 b	0.29	499.3±113.3 a	−0.06	
A	20	71.3±0.4 c	−0.20	11.46±1.79 a	0.37	2 715.4±817.1 a	−0.19	1 531.6±159.3 a	0.48	480.7±100.5 a	−0.10	
A	40	64.3±1.0 d	−0.28	12.42±1.21 a	0.42	2 545.5±675.8 a	−0.24	1 656.9±69.8 a	0.52	464.7±121.0 a	−0.13	
A	60	59.8±0.4 e	−0.33	13.06±1.60 a	0.44	1 357.6±192.4 b	−0.59	1 718.2±271.9 a	0.54	445.3±93.2 a	−0.16	

注:RV 为根系活力。

Note:RV root vigor.

表 4 棉花种子发芽和幼苗生长指标间的相关性

Table 4 Relationships of seed germination and seedling growth in cotton growth indicators

项目 Item	发芽势 Germination potential	发芽率 Germination rate	发芽指数 Germination index	主根长 Principle root length	根鲜质量 Root fresh mass	苗高 Seedling height	苗鲜质量 Seedling fresh mass	RV	SOD	CAT	POD
发芽率 Germination rate	0.928 **										
发芽指数 Germination index	0.937 **	0.814 **									
主根长 Principle root length	0.928 **	0.921 **	0.926 **								
根鲜质量 Root fresh mass	0.861 **	0.862 **	0.851 **	0.958 **							
苗高 Seedling height	0.899 **	0.941 **	0.834 **	0.967 **	0.960 **						
苗鲜质量 Seedling fresh mass	0.889 **	0.931 **	0.799 **	0.944 **	0.910 **	0.984 **					
RV	0.650 *	0.369	0.695 *	0.496	0.457	0.388	0.401				
SOD	−0.01	−0.293	0.236	−0.076	−0.07	−0.25	−0.31	0.593			
CAT	−0.111	−0.428	0.111	−0.209	−0.241	−0.403	−0.423	0.581	0.926 **		
POD	−0.911 **	−0.960 **	−0.791 **	−0.927 **	−0.860 **	−0.946 **	−0.970 **	−0.426	0.322	0.401	
MDA	−0.951 **	−0.901 **	−0.894 **	−0.911 **	−0.811 **	−0.863 **	−0.887 **	−0.682 *	0.021	0.084	0.931 **

注：* 和 ** 表示在 0.05 和 0.01 水平上的差异显著性。
Note: * and ** indicate significant difference at 0.05 level and 0.01 level, respectively.

3 讨论

长期种植单一作物,不仅导致产量降低,而且对于农田生态也有不利的影响,因此研究不同耕作制度(间作、套种、轮作等)对缓解连作障碍,为农田高效、优质、生态、安全的生产提供了理论支持。本研究从化感作用方面阐明了小麦、苜蓿水浸提液对棉花种子萌发及幼苗生长的影响。对于棉花种子萌发而言,不同种类、不同质量浓度的水浸提液影响不同,对于不同萌发指标影响强烈程度不同,综合来看,小麦和苜蓿浸提液对棉花种子的萌发均有不利影响,苜蓿浸提液抑制作用更强,此结果与董芳慧等^[21]研究的苍耳浸提液对油菜种子萌发影响结果基本一致。这可能是因为棉花种子在受到浸提液中的化感物质影响后,改变了种子内部物质的正常代谢,导致种子发芽力较差,活力不强。

种子萌发指标和幼苗生长指标极显著正相关,小麦浸提液抑制主根的伸长,但可以增加棉花幼苗根鲜质量,低质量浓度(10 g/L、20 g/L)小麦浸提液也可以增加苗高和苗鲜质量,这与观察中低质量浓度小麦浸提液增加了棉花幼苗侧根数和促进了侧根生长的事实相一致,苜蓿浸提液和高质量浓度的小麦浸提液对棉花幼苗的生长均产生不利的化感影响,不利于幼根的伸长,幼苗的生长和增重。王一峰等^[22]也发现半夏球茎和半夏叶浸提液对小麦幼苗的生长表现出低质量浓度促进、高质量浓度抑制的现象。低质量浓度的小麦

浸提液中含有的低量的化感物质可以促进棉花幼苗的生长,高质量浓度的小麦浸提液中还有高质量浓度的化感物质,抑制棉花生长,这与前人^[23-24]研究结果一致;而苜蓿秸秆中含有的化感物质不利于棉花幼苗的生长,这说明小麦和苜蓿浸提液中含有不同的化感物质,且相同化感物质其质量浓度也不相同,苜蓿浸提液中的化感物质质量浓度更高^[25]。

从生理角度来看,低质量浓度小麦浸提液促进了棉花根系活力,有利于地上部分的生长,保护了棉花幼苗不受外界的损伤,高质量浓度小麦浸提液和苜蓿浸提液损伤了幼苗根系活力,破坏了幼苗叶片膜系统,其中 MDA 质量摩尔浓度随质量浓度的升高而增多,这些结果均与前人^[26-27]研究结果相似。高质量浓度浸提液使自由基等有害物质游离于植物体内,启动了植物体内的抗氧化酶保护系统,由于高质量浓度的浸提液对棉花的处理,导致植物体内的保护系统受损,抗氧化酶活性降低,加速植物的衰老,这一结果与前人^[28-29]的研究结果一致。

4 结论

小麦秸秆浸提液和苜蓿秸秆浸提液对棉花种子的萌发及幼苗生长具有化感效应,并且苜蓿秸秆浸提液的化感效应强于小麦秸秆浸提液;小麦和苜蓿浸提液对棉花种子萌发的抑制作用明显,小麦秸秆浸提液对棉花幼苗的生长具有“低促高抑”的质量浓度效应,低质量浓度促进棉花幼苗的

生长,提高了棉花幼根的根系活力,苜蓿秸秆浸提液质量浓度越高对棉花的化感抑制作用越强烈。

参考文献 Reference:

- [1] SEN A, SRIVASTAVA V K, SINGH R K, *et al.* Soil and plant responses to the application of ascophyllum nodosum extract to No-till wheat (*Triticum aestivum* L.). [J]. *Communications in Soil Science & Plant Analysis*, 2015, 46(1): 123-136.
- [2] WU H, PRATLEY J, LEMERLE D, *et al.* Allelopathy in wheat (*Triticum aestivum*) [J]. *Annals of Applied Biology*, 2001, 139(1): 1-9.
- [3] USUAH P E, UDOM G N, EDEM I D. Allelopathic effect of some weeds on the germination of seeds of selected crops grown in akwa ibom state, nigeria [J]. *World Journal of Agricultural Research*, 2013, 1(4): 59-64.
- [4] 王学瑞, 张霞, 贾茸茸, 等. 栎树叶浸提液对 4 种草坪草幼苗生长的化感作用[J]. *安徽农业科学*, 2016, 44(14): 84-86.
WANG X R, ZHANG X, JIA R R, *et al.* Allelopathy of koelreuteria bipinnata leaf aqueous extracts on growth of 4 kinds of turf grass[J]. *Journal of Anhui Agriculture Science*, 2016, 44(14): 84-86.
- [5] 朱习雯, 靳瑰丽, 张鲜花, 等. 返青期醉马草水浸液对红豆草种子萌发的影响[J]. *新疆农业科学*, 2016, 53(6): 155-161.
ZHU X W, JIN G L, ZHANG X H, *et al.* The seed germination effect of aqueous extract from achnatherum inebrians at the returning green stage [J]. *Xinjiang Agricultural Sciences*, 2016, 53(6): 155-161.
- [6] 张权, 姚小华, 滕建华, 等. 薄壳山核桃根系水浸提液对 2 种作物种子萌发及幼苗生长的影响[J]. *植物研究*, 2016, 36(2): 46-52.
ZHANG Q, YAO X H, TENG J H, *et al.* Effects of water extraction from roots of carya illinoensis on seed germination and seedling growth of two crops[J]. *Bulletin of Botanical Research*, 2016, 36(2): 46-52.
- [7] 李春龙. 扁穗牛鞭草对红三叶化感作用研究[J]. *种子*, 2016, 35(7): 36-39.
LI CH L. Allelopathic study of hemarthria compressa on red clover[J]. *Seed*, 2016, 35(7): 36-39.
- [8] 陈遂中, 谢慧琴. 蕹草水提液酚酸物质含量及化感作用[J]. *石河子大学学报(自然科学版)*, 2010, 28(3): 299-302.
CHEN S ZH, XIE H Q. Quantification and allelopathic effect of phenolic acids in aqueous extracts of triquetet[J]. *Journal of Shihezi University (Nature Science)*, 2010, 28(3): 299-302.
- [9] 刘建国. 新疆棉花长期连作的土壤环境效应及其化感作用的研究[D]. 南京: 南京农业大学, 2008. 43-52.
LIU J G. Effects on soil environments of long-term succession cropping and allelopathy mechanism of cotton in Xinjiang[D]. Nanjing: Nanjing Agricultural University, 2008. 43-52.
- [10] 张国伟, 刘瑞显, 杨长琴, 等. 棉花秸秆浸提液对小麦种子萌发及幼苗生长的化感效应[J]. *麦类作物学报*, 2015, 35(4): 555-562.
ZHANG G W, LIU R X, YANG CH Q, *et al.* Allelopathic effects of cotton straw extract on seed germination and seedling growth of wheat[J]. *Journal of Triticeae Crops*, 2015, 35(4): 555-562.
- [11] 李志华. 紫花苜蓿化感效应的研究[D]. 南京: 南京农业大
- 学, 2005.
- LI ZH H. Study on allelopathic effect of alfalfa[D]. Nanjing: Nanjing Agricultural University, 2005.
- [12] 刘瑞显, 张国伟, 杨长琴, 等. 小麦秸秆浸提液和腐解液对棉花种子发芽及幼苗生长的化感效应[J]. *棉花学报*, 2016, 28(4): 375-383.
LIU R X, ZHANG G W, YANG CH Q, *et al.* Allelopathic effects of wheat straw extract and decomposition liquid on cotton seed germination and seedling growth [J]. *Cotton Science*, 2016, 28(4): 375-383.
- [13] SUI N, ZHOU Z, YU C, *et al.* Yield and Potassium Use Efficiency of Cotton with Wheat Straw Incorporation and Potassium Fertilization on Soils with Various Conditions in the Wheat-cotton Rotation System[J]. *Field Crops Research*, 2015, 172: 132-144.
- [14] 刘彦杰, 张鹏鹏, 张国娟, 等. 秸秆还田和施肥方式对绿洲棉田土壤酶活性的影响[J]. *石河子大学学报(自然科学版)*, 2017, 35(1): 63-70.
LIU Y J, ZHANG P P, ZHANG G J, *et al.* Effects of fertilization and straw-returning methods on enzymes activity in oasis cotton field soil[J]. *Journal of Shihezi University (Nature Science)*, 2017, 35(1): 63-70.
- [15] 于建光, 顾元, 常志州, 等. 小麦秸秆浸提液和腐解液对水稻的化感效应[J]. *土壤学报*, 2013, 50(2): 349-357.
YU J G, GU Y, CHANG ZH ZH, *et al.* Allelopathic effects of wheat straw extract and decomposition liquid on rice [J]. *Acta Pedologica Sinica*, 2013, 50(2): 349-357.
- [16] 赵海泉. 基础生物学实验指导[M]. 北京: 中国农业大学出版社, 2008: 65-67.
ZHAO H Q. Basic Biology Laboratory Guidance[M]. Beijing: China Agricultural University Press, 2008: 65-67.
- [17] 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, 2001: 85-104.
LI H SH. The Experiment Principle and Technique on Plant Physiology and Biochemistry[M]. Beijing: Higher Education Press, 2001: 85-104.
- [18] WILLIAMSON G B, RICHARDSON D. Bioassays for allelopathy: measuring treatment responses with independent controls [J]. *Journal of Chemical Ecology*, 1988, 14(1): 181-187.
- [19] 史冬冬, 裴红宾, 张永清, 等. 红小豆不同组织及根际土壤水浸提液对小麦幼苗生长的影响[J]. *河南农业科学*, 2017, 46(1): 25-31.
SHI D D, PEI H B, ZHANG Y Q, *et al.* Effect of aqueous extract of different organs and rhizosphere soil of adzuki bean on growth of wheat seedling[J]. *Journal of Henan Agricultural Sciences*, 2017, 46(1): 25-31.
- [20] LIN W X, KIM K U, SMIN D H. Rice allelopathic potential and its modes of action on barnyardgrass (*Echinochloa cv. sgalli*) [J]. *Allelopathy Journal*, 2000, 7(2): 215-224.
- [21] 董芳慧, 刘影, 冷家明, 等. 恶性入侵植物刺苍耳浸出液对油麦菜种子的化感作用研究[J]. *草业学报*, 2017, 26(2): 146-152.
DONG F H, LIU Y, LENG J M, *et al.* Allelopathic effects of aqueous extracts from xanthium spinosum on seed germination and seedling growth of lactuca sativa var. longifolia[J]. *Acta Prataculturae Sinica*, 2017, 26(2): 146-152.
- [22] 王一峰, 王明霞, 孟彦斌, 等. 半夏不同部位浸提液对小麦种子萌发及幼苗生长的化感效应[J]. *西北农业学报*, 2016, 25(8): 1173-1179.

WANG Y F, WANG M X, MENG Y B, *et al.* Allelopathic effects of aqueous extracts from different parts of pinellia ternata on seed germination and seedling growth of wheat [J]. *Acta Agriculturae Boreali-occidentalis Sinica*, 2016, 25(8):1173-1179.

[23] HUANG Y J, GE Y Y, WANG Q L, *et al.* Allelopathic effects of aqueous extracts of alternanthera philoxeroides on the growth of *Zoysia matrella* [J]. *Polish Journal of Environmental Studies*, 2017, 26(1):97-105.

[24] GHARCIB H R A, ABDCLHATNCD M S, IBRAHITN O H. Antioxidative effects of the acetone fraction and vanillic acid from chenopodium murale on tomato plants[J]. *Weed Biology and Management*, 2010, 10(1):64-72.

[25] 李志华, 沈益新. 紫花苜蓿化感作用的研究[J]. 草业科学, 2005, 22(12):33-36.

LI ZH H, SHEN Y X. Study on the allelopathy of alfalfa [J]. *Pratacultural Science*, 2005, 22(12):33-36.

[26] 侯永侠, 周宝利, 吴晓玲. 不同作物秸秆对辣椒的化感效应 [J]. 生态学杂志, 2009, 28(6):1107-1111.

HOU Y X, ZHOU B L, WU X L. Allelopathic effects of different crop stalks on pepper growth[J]. *Chinese Journal of Ecology*, 2009, 28(6):1107-1111.

[27] GOMAA N H, ABD ELGAWAD H R. Phytotoxic effects of *Echinochloa colona* (L.) Link. (Poaceae) extracts on the germination and seedling growth of weeds [J]. *Spanish Journal of Agricultural Research*, 2012, 10(2):492-501.

[28] 康亚龙, 刘彦荣, 刘建国, 等. 加工番茄植株浸提液对受体作物幼苗生长及酶活性的影响 [J]. 西北农业学报, 2014, 23(7):120-130.

KANG Y L, LIU Y R, LIU J G, *et al.* Effects of different organ aqueous extracts of processing tomato on crop seedling growth and enzyme activities [J]. *Acta Agriculturae Boreali-occidentalis Sinica*, 2014, 23(7):120-130.

[29] 李彦斌, 刘建国, 李 凤, 等. 棉花植株水浸提液化感效应的研究 [J]. 中国生态农业学报, 2008, 16(6):1489-1494.

LI Y B, LIU J G, LI F, *et al.* Allelopathic effect of aqueous extract of cotton [J]. *Chinese Journal of Eco-Agriculture*, 2008, 16(6):1489-1494.

Allelopathic Effect of Wheat and Alfalfa Straw Aqueous Extracts on Cotton

SUN Xinzhan, LIU Jianguo, CHEN Huawei, HAN Yu and FU Jiawei

(Shihezi University, Shihezi Xinjiang 832003, China)

Abstract For alleviating problems of cotton cropping in Xinjiang and providing theoretical basis for wheat and alfalfa crop rotation with cotton, five different mass concentrations of wheat and alfalfa straw aqueous extracts were used to study the allelopathic effects on germination and seedling growth of cotton seeds. The results showed that wheat and alfalfa different extracts had different allelopathic effects on germination of cotton seeds. In lower mass concentrations (below 10 g/L), wheat extracts had positive effects on cotton seedling growth, for example, the value of root vigor, superoxide dismutase (SOD) activity and catalase (CAT) activity were 0.22, 0.12, 0.22, respectively. On the contrary, the water extracts played an inhibitory role in higher mass concentrations. Different mass concentrations of alfalfa extracts had restraining effect on cotton germination and seedling growth, and the higher the mass concentration, the stronger the inhibition. With increase of the wheat and alfalfa extracts mass concentrations, malondialdehyde (MDA) content increased from 5.4, 8.45 μmol to 10.16, 13.06 μmol in the fresh leaves of every gram of cotton, respectively. High mass concentration extracts destroyed the biomembrane system of young leaves, induced the leakage of cell inclusion, destroyed the antioxidant enzyme system, increased peroxidase (POD) activity, accelerated the aging of plants. Taken together, the allelopathic effects of alfalfa extract were higher than that of wheat extract.

Key words Wheat; Alfalfa; Cotton; Aqueous extracts; Allelopathy

Received 2017-09-11 **Returned** 2017-10-23

Foundation item The National Natural Science Foundation of China (No. 31560375).

First author SUN Xinzhan, male, master student. Research area: oasis ecology and farming system. E-mail: 912413612@qq.com

Corresponding author LIU Jianguo, male, professor. Research area: oasis ecology and farming system. E-mail: l-jianguo@126.com