

刺槐凋落叶腐解液对 3 种作物的化感效应

何 斐,崔 鸣,孙 娅,田 潇

(安康学院 现代农业与生物科技学院,陕西 安康 725000)

摘 要:为探究刺槐凋落叶腐解液对 3 种常见作物的化感作用,以甜瓜、绿豆和油菜为受体材料,采用培养皿滤纸法,测定不同质量浓度(0、50、150 g · L⁻¹ 和 250 g · L⁻¹)刺槐凋落叶腐解液对 3 种作物种子萌发和幼苗生长的影响,综合评价其对不同作物的化感效应。结果表明,3 种浓度刺槐凋落叶腐解液处理对绿豆和油菜种子简明活力指数均具有抑制作用,250 g · L⁻¹ 腐解液处理下绿豆和油菜种子简明活力指数分别较对照显著降低 40.7%和 19.8%;不同浓度刺槐凋落叶腐解液对甜瓜种子简明活力指数具有促进作用,250 g · L⁻¹ 腐解液处理下甜瓜种子简明活力指数较对照显著增加 53.4%。与对照相比,刺槐凋落叶腐解液对绿豆和油菜幼苗胚根长、胚轴长和苗鲜重具有显著抑制作用,而对甜瓜幼苗生长具有促进作用,且随着腐解液浓度的升高,其抑制或促进作用逐渐增强。通过分析不同作物种子化感效应指数,得到化感综合效应强弱顺序依次为甜瓜>油菜>绿豆。刺槐凋落叶浸提液对绿豆的化感抑制作用最强,对油菜的化感抑制作用和对甜瓜的化感促进作用较弱。因此,在生产区植物配置中,绿豆和油菜应尽量避免与刺槐组合,以免因化感作用使其生长受到抑制。

关键词:腐解液;刺槐;凋落叶;化感作用

中图分类号:S792.27 **文献标志码:**A **文章编号:**1001-7461(2021)02-0116-07

Allelopathic Effect of Decomposed Liquid of *Robinia pseudoacacia* Leaf Litter on Three Crops

HE Fei,CUI Ming,SUN Ya,TIAN Xiao

(School of Modern Agriculture & Biotechnology, Ankang University, Ankang 725000, Shaanxi, China)

Abstract: In order to explore the allelopathic effects of decomposed liquid of *Robinia pseudoacacia* leaf litter on crops, seeds of three commonly cultivated crops, i. e., *Cucumis melo*, *Vigna radiata* and *Brassica chinensis* were taken as the objects. The seed germination and seedling growth indices were measured to comprehensively evaluate the allelopathic effects of the liquid with different concentrations (0, 50, 150 g · L⁻¹, and 250 g · L⁻¹) on three crops. The results showed that the simple vigor index of *V. radiata* and *B. chinensis* seeds were inhibited in the presence of the liquid. At the concentration of 250 g · L⁻¹ decomposed liquid, the simple vigor indices of *V. radiata* and *B. chinensis* seeds decreased by 40.7% and 19.8%, respectively. Conversely, the application of the liquid with different concentrations enhanced the simple vigor index of *C. melo*. At the concentration of 250 g · L⁻¹, the simple vigor index of *C. melo* was 53.4% higher than the control group. Compared to the control, the radical length, hypocotyl length and seedling fresh weight of *V. radiata* and *B. chinensis* were inhibited, while the seedling growth of *C. melo* was promoted with the application of the liquid, and the promotion intensity was enhanced with the increase of the concentration of the liquid. By analyzing the indices of allelopathic effect on three crops, the allelopathic effect

was in the order of *C. melo* > *B. chinensis* > *V. radiata*. The decomposed liquid of *R. pseudoacacia* leaf litter showed the strongest allelopathic inhibitory effect on *V. radiata*, the weaker allelopathic inhibitory effect on *B. chinensis* and the weaker allelopathic promoting potential on *C. melo*. In conclusion, *V. radiata* and *B. chinensis* should not be planted with *R. pseudoacacia* in order to avoid being inhibited by allelopathic inhibitory effect of *R. pseudoacacia*.

Key words: decomposed liquid; *Robinia pseudoacacia*; leaf litter; allelopathy

刺槐(*Robinia pseudoacacia*)系豆科蝶形花亚科刺槐属具有固氮功能的落叶乔木。起源于北美阿拉巴契亚山脉,自 19 世纪末从德国引进到我国胶东地区,经百余年的栽培,在我国黄淮海河及长江流域等几乎所有地区均有栽培^[1]。刺槐具有适应性强、耐干旱、耐贫瘠、耐水淹、易繁殖、生长快、固氮等优良特性,在荒山绿化、行道树、速生薪炭林营造、盐土改良、作为蜜源植物等方面均有广泛应用^[2-3]。刺槐侧根发达,延伸速度快,容易形成大面积的刺槐纯林,造成林木树种单一。目前,在全球入侵物种数据库(global invasive species database)中,刺槐被列为入侵种^[4]。在入侵过程中,化感作用是导致外来物种进入新生境后入侵成功的重要因素^[5],也是森林生态系统中植物配置不可忽视的要素之一。森林植物化感作用的研究对于森林生态系统中植物配置的合理性和植被演替有直接影响,同时也影响人工林生态系统的稳定性和生态多样性。

化感作用即一种植物通过向环境释放化学物质而对周围植物包括微生物所产生的直接或间接的抑制或促进作用^[6]。化感物质主要来源于植株根系分泌、凋落物的淋溶和腐解等^[7]。目前关于刺槐化感作用相关的研究,主要集中在刺槐种子浸提液、枯落叶及根际土壤浸提液对其它受体生长发育的影响方面^[8-10],而关于刺槐凋落叶腐解液的化感研究在国内外鲜有报道。刺槐凋落叶浸提液具有化感自毒作用,能够阻碍刺槐自身的正常生长发育^[9]。那么,刺槐自然凋落物(刺槐叶)在进入土壤物质循环之后,经过微生物的腐解,是否对刺槐种植区其他作物的生长发育造成不良影响。因此,本试验模拟自然条件,对刺槐自然凋落物进行人工腐解,研究不同浓度的刺槐凋落叶腐解液对刺槐种植区常见作物(甜瓜、绿豆和油菜)化感效应的强弱和作用规律,为刺槐种植区科学、合理的农作物生产格局提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 供试材料

刺槐凋落叶:在陕西省安康市汉滨区香溪洞隧道旁 2 km 范围内刺槐纯林中采集刺槐凋落叶,凋落叶自然风干后粉碎(1~2 mm)。从隧道旁采集未

种植刺槐的土壤作为空白土壤,去杂,自然风干后过 1 mm 孔径筛,备用。

种子:“津密 1 号”甜瓜、“渝绿 1 号”绿豆、“中油杂 16”油菜种子购于汉中现代农业科技有限公司安康种子分公司。

1.2 试验方法

1.2.1 腐解液的制备^[5] 将粉碎后的刺槐凋落叶与空白土壤以 1 : 3 比例混合,CK 对照不加刺槐凋落叶粉末。装入 1 L 玻璃广口瓶中,浇透水,置于人工气候箱内 25℃ 恒温避光腐解 30 d。分别称取 100 g 腐解物,装入三角瓶中,加 100 mL 蒸馏水在 25℃ 温度下,120 r · min⁻¹ 振荡浸提 24 h,双层滤纸过滤,孔径 0.45 μm 滤膜抽滤,即得到 250 g · L⁻¹ 的刺槐凋落叶腐解液母液,取部分母液分别稀释至 150、50 g · L⁻¹,4℃ 冰箱保存备用。

1.2.2 化感活性生物测定 采用培养皿滤纸法^[11-12],以空白土壤浸提液为对照。分别选取颗粒饱满的甜瓜、绿豆和油菜种子,用 1% H₂O₂ 消毒 1 min,无菌水冲洗 5 次。将种子分别放入装有 5 mL 不同浓度(0、50、150、250 g · L⁻¹)上述腐解液的试管中,每试管 10 粒种子,重复 3 次,25℃ 避光浸种 24 h。浸种结束后置于无菌培养皿内湿润的双层滤纸上,25℃ 恒温光照培养箱中培养,每个处理重复 3 皿,每皿 10 粒。种子萌发标准为胚根突破种皮 1 mm,每天记录发芽情况,第 7 天结束发芽试验,用精度 0.1 mm 的尺子测量幼苗胚根和胚轴长度,用精度 0.000 1 g 的电子天平称量每皿幼苗的总鲜重和总干重。

1.3 数据处理

测量指标计算公式^[13-15]如下:

发芽率/%=(种子发芽数/供试种子总数)×100

发芽势/%=(前 5 d 内发芽总数/供试种子总数)×100

简明活力指数=发芽率×胚根长度^[16]

参照 Williamson 和 Richardson^[17] 的方法计算化感效应指数(RI):

RI=1-C/T(T≥C 或 RI=T/C-1(T<C)

式中,C 为空白土壤浸提液对照值,T 为处理值。其

中,当 $RI>0$ 时,表示促进作用;当 $RI<0$ 时,表示抑制作用。 RI 绝对值越大,化感效应强度也越大。

化感综合效应指数反映化感效应的强弱,指同一处理下对同一受体各测试项目化感效应指数(RI)的算术平均值^[18]:

化感综合效应指数 = ($RI_{\text{发芽率}} + RI_{\text{发芽势}} + RI_{\text{简明活力指数}} + RI_{\text{胚根长}} + RI_{\text{胚轴长}} + RI_{\text{苗鲜重}} + RI_{\text{苗干重}} / 7$)

采用 SPSS 22.0 统计软件对数据进行双因素方差分析(Two-way ANOVA),用 Duncan 检验法进行多重比较。试验数据均用“平均值±标准差”表示。

2 结果与分析

2.1 刺槐凋落叶腐解液对 3 种作物种子萌发的影响

2.1.1 发芽率 双因素方差分析表明(表 1),不同供试物种间种子发芽率存在极显著差异($P<0.01$),但腐解液浓度、作物物种与腐解液浓度的交互作用对种子发芽率影响均不显著($P>0.05$)。由图 1A 和图 2 可看出,相同浓度腐解液处理下,绿豆与油菜种子发芽率之间差异不显著,但均显著高于甜瓜种子发芽率。随着刺槐凋落叶腐解液浓度的增加,甜瓜、油菜种子发芽率均与对照差异不显著,但绿豆种子发芽率随着刺槐凋落叶腐解液浓度的增加

呈现降低的趋势。其中,150 $g \cdot L^{-1}$ 和 250 $g \cdot L^{-1}$ 腐解液处理时,绿豆种子发芽率较对照组分别显著降低 6.7%和 10.0%。

2.1.2 发芽势 双因素方差分析表明,腐解液浓度、作物物种与腐解液浓度的交互对种子发芽势影响均不显著($P>0.05$),但不同供试作物物种间种子发芽势差异极显著($P<0.01$)(表 1)。由图 1B 可知,相同浓度腐解液处理下,甜瓜种子发芽势显著低于绿豆和油菜。

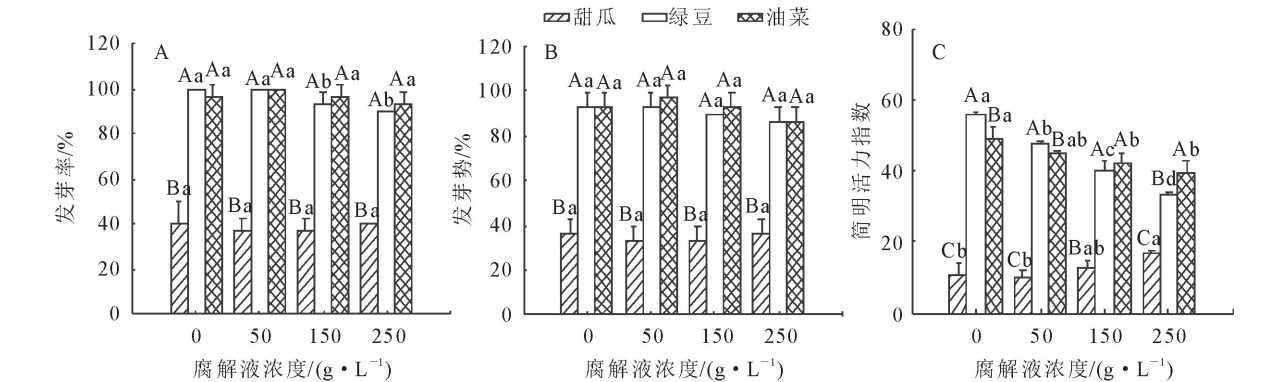
2.1.3 简明活力指数 由表 1 可知,供试作物物种、刺槐凋落叶腐解液浓度及二者的交互作用极显著影响种子的简明活力指数($P<0.01$)。由图 1C 也可看出,甜瓜种子简明活力指数随着刺槐凋落叶腐解液浓度的增加呈逐渐增加的趋势,在 250 $g \cdot L^{-1}$ 腐解液处理下,甜瓜种子简明活力指数较对照显著增加 53.4%。在不同浓度刺槐凋落叶腐解液处理下,绿豆种子简明活力指数与对照相比显著降低,50~250 $g \cdot L^{-1}$ 处理组较对照组的简明活力指数降低 13.8%~40.7%。随着腐解液浓度的增加,油菜种子简明活力指数逐渐减小,150 $g \cdot L^{-1}$ 和 250 $g \cdot L^{-1}$ 腐解液处理下,油菜种子简明活力指数较对照组分别显著降低 13.8%和 19.8%。

表 1 作物物种和腐解液浓度对种子发芽和幼苗生长指标的双因素方差分析

Table 1 Variance analysis of species and decomposed liquid concentrations on seed germination and seedlings growth

项目	物种		腐解液浓度		物种 * 腐解液浓度	
	F	P	F	P	F	P
发芽率	536.78	* *	1.89	NS	1.22	NS
发芽势	420.64	* *	1.33	NS	0.89	NS
简明活力指数	804.00	* *	26.90	* *	23.99	* *
胚根长	553.46	* *	34.29	* *	153.22	* *
胚轴长	1 147.67	* *	60.57	* *	79.93	* *
苗鲜重	74 164.48	* *	786.17	* *	970.88	* *
苗干重	9 952.32	* *	2.98	NS	12.95	* *

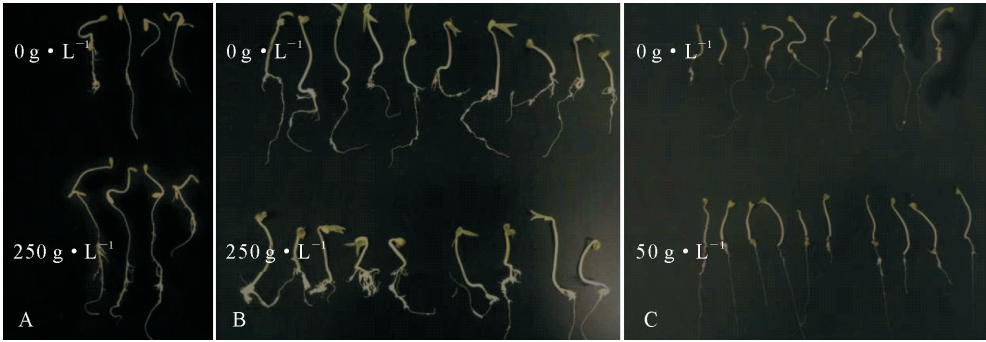
注: * * 表示在 0.01 水平下差异极显著。



注:A.发芽率;B.发芽势;C.简明活力指数。不同小写字母表示相同供试作物在不同浓度腐解液处理间差异显著($P<0.05$),不同大写字母表示相同浓度腐解液处理下不同供试作物间差异显著($P<0.05$)。下同。

图 1 不同浓度刺槐凋落叶腐解液对 3 种作物种子萌发的影响

Fig. 1 Effect of different concentrations of decomposed liquid from *R. pseudoacacia* leaf litter on the seed germination of three crops



注:A.甜瓜; B.绿豆; C.油菜。

图 2 不同浓度刺槐凋落叶腐解液对 3 种作物种子萌发的影响

Fig. 2 Effects of different concentrations of decomposed liquid from *R. pseudoacacia* leaf litter on seed germination of three crops

50g · L⁻¹ 腐解液处理下,绿豆种子的简明活力指数最大,其次是油菜,最小的为甜瓜。150 g · L⁻¹ 腐解液处理下,绿豆和油菜种子的简明活力指数差异不显著,但均显著高于甜瓜。250 g · L⁻¹ 腐解液处理下,3 种供试作物种子简明活力指数排序为油菜>绿豆>甜瓜,且三者之间差异均显著。

2.2 刺槐凋落叶腐解液对 3 种作物幼苗生长的影响

2.2.1 胚根长 双因素方差分析表明,供试作物物种、刺槐凋落叶腐解液浓度及二者的交互作用极显著影响幼苗胚根长($P<0.01$)(表 1)。由图 3A 可看出,150 g · L⁻¹ 和 250 g · L⁻¹ 腐解液处理下,甜瓜幼苗胚根长较对照分别显著增加 29.4% 和 54.8%。随着腐解液浓度的增加,绿豆和油菜胚根长逐渐减小。在 50 g · L⁻¹ 腐解液处理下,绿豆的胚根长最大,其次为油菜,最小为甜瓜。150 g · L⁻¹ 腐解液处理下,甜瓜胚根长较绿豆和油菜分别显著减少 18.1% 和 19.5%。250 g · L⁻¹ 腐解液处理,甜瓜与油菜胚根长差异不显著,但均显著高于绿豆。

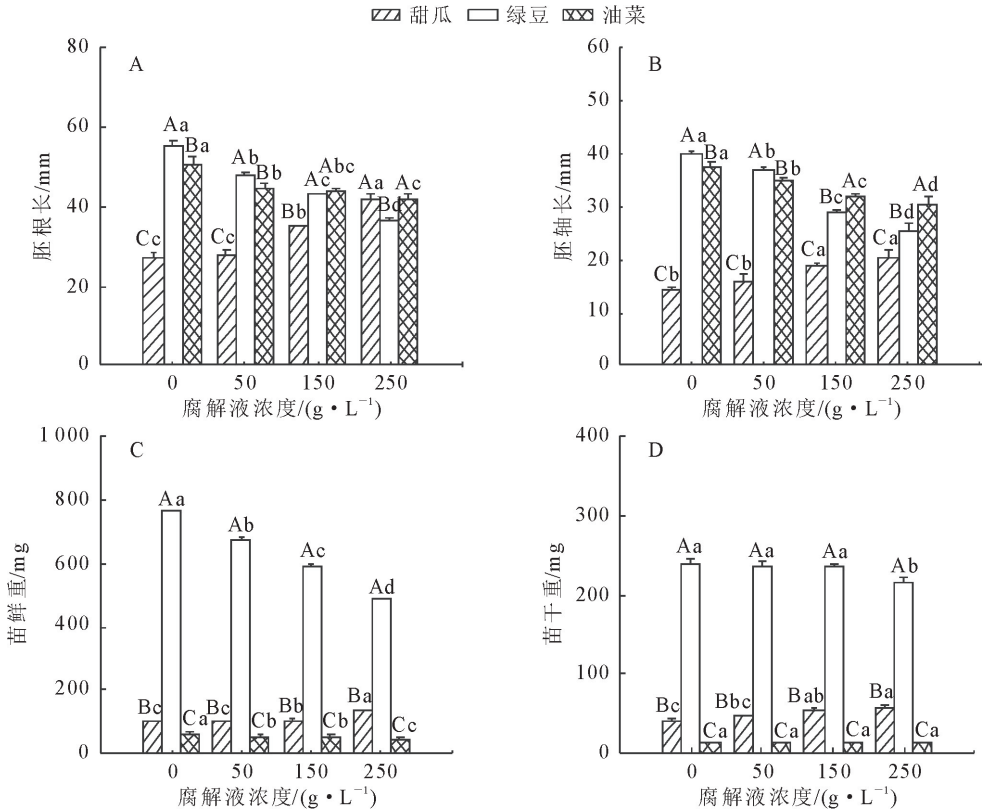


图 3 不同浓度刺槐凋落叶腐解液对 3 种作物幼苗生长的影响

Fig. 3 Effect of different concentrations of decomposed liquid from *R. pseudoacacia* leaf litter on the growth of three crop seedlings

2.2.2 胚轴长 双因素方差分析表明(表 1),供试作物物种、腐解液浓度及二者的交互作用极显著影响 3 种作物幼苗的胚轴长($P<0.01$)。随着刺槐凋落叶腐解液浓度的增加,甜瓜胚轴长呈逐渐增加的趋势(图 3B)。150 g · L⁻¹ 和 250 g · L⁻¹ 腐解液处理下,甜瓜胚轴长分别较对照显著增加 29.9% 和

42.4%。50~250 g·L⁻¹ 腐解液处理下,绿豆、油菜的胚轴长分别较对照显著减小 7.7%~36.2%、8.0%~19.9%。对照和 50 g·L⁻¹ 腐解液处理下,3 种作物胚轴长表现出相同的趋势:绿豆>油菜>甜瓜。但 150 g·L⁻¹ 和 250 g·L⁻¹ 腐解液处理条件下,油菜的胚轴长显著高于甜瓜和绿豆。

2.2.3 苗鲜重 由表 1 双因素方差分析表明,供试作物物种、腐解液浓度及二者的交互作用极显著影响 3 种作物的苗鲜重($P<0.01$)。由图 3C 可看出,随着刺槐凋落叶腐解液浓度的增加,甜瓜苗鲜重呈逐渐增加的趋势。150 g·L⁻¹ 和 250 g·L⁻¹ 腐解液处理下,甜瓜苗鲜重较对照显著增加 5.8% 和 34.4%。50~250 g·L⁻¹ 腐解液处理下,绿豆和油菜苗鲜重分别较对照显著降低 11.4%~36.6% 和 11.2%~26.9%。相同浓度腐解液处理下,3 种作物苗鲜重差异均显著,且表现出相同趋势:绿豆>甜瓜>油菜。

2.2.4 苗干重 双因素方差分析表明,供试作物物种、物种与腐解液浓度的交互作用极显著影响 3 种作物苗干重($P<0.01$) (表 1)。由图 3D 可看出,150 g·L⁻¹ 和 250 g·L⁻¹ 腐解液处理下,甜瓜幼苗干重较对照显著增加 26.0% 和 34.0%。250 g·

L⁻¹ 腐解液处理的绿豆苗干重较对照显著降低 9.8%。随着腐解液浓度的增加,油菜苗干重逐渐降低,但与对照相比差异均不显著。相同浓度腐解液处理下,3 种作物苗干重差异均显著,且与苗鲜重表现出相同趋势:绿豆>甜瓜>油菜。

2.3 化感效应评价

2.3.1 对化感效应指数的影响 化感效应指数(RI)是评价化感作用强度的重要指标^[19]。甜瓜种子发芽率和发芽势化感效应指数随着腐解液浓度的增加逐渐增高,50 g·L⁻¹ 腐解液处理下最小,此时抑制作用最强(表 2)。绿豆和油菜种子发芽率和发芽势 RI 值均随着腐解液浓度的增加,呈现减小的趋势;250 g·L⁻¹ 腐解液处理下,绿豆发芽率和发芽势 RI 值分别为-0.1 和-0.07,油菜发芽率和发芽势 RI 值分别为-0.04 和-0.07,此时抑制作用均达到最大。

随着刺槐凋落叶腐解液浓度的增加,3 种作物种子简明活力指数的化感效应指数(RI)呈现出逐渐增加的趋势。250 g·L⁻¹ 腐解液对甜瓜种子简明活力指数的促进作用最大(RI=0.35),而对绿豆和油菜种子简明活力指数的抑制作用达到最大,其 RI 值分别为-0.41 和-0.20。

表 2 刺槐凋落叶腐解液处理条件下 3 种作物的化感效应指数
Table 2 Allelopathic effect index of decomposed liquid from *R. pseudoacacia* leaf litter on three crops

指标	腐解液浓度 /(g·L ⁻¹)	供试作物		
		甜瓜(<i>C. melo</i>)	绿豆(<i>V. radiata</i>)	油菜(<i>B. chinensis</i>)
发芽率	50	-0.23±0.02Bb	0.00±0.00Aa	0.03±0.00Aa
	150	-0.23±0.02Bb	-0.07±0.02Ab	-0.01±0.00Aa
	250	-0.05±0.01Aa	-0.10±0.00Ab	-0.04±0.01Aa
发芽势	50	-0.18±0.00Bb	-0.01±0.00Aa	0.03±0.01Aa
	150	-0.18±0.00Bb	-0.04±0.00Aa	-0.01±0.00Aa
	250	-0.01±0.00Aa	-0.07±0.01Aa	-0.07±0.02Aa
简明活力指数	50	-0.06±0.00Ab	-0.14±0.01Aa	-0.09±0.01Aa
	150	0.24±0.02Aa	-0.28±0.03Cb	-0.14±0.03Bab
	250	0.35±0.01Aa	-0.41±0.01Cc	-0.20±0.04Bb
胚根长	50	0.04±0.01Ac	-0.14±0.01Ba	-0.12±0.01Ba
	150	0.23±0.01Ab	-0.23±0.00Cb	-0.14±0.01Bab
	250	0.35±0.01Aa	-0.34±0.01Cc	-0.17±0.01Bb
胚轴长	50	0.09±0.01Ab	-0.08±0.01Ba	-0.08±0.01Ba
	150	0.23±0.02Aa	-0.28±0.01Cb	-0.15±0.01Bb
	250	0.30±0.03Aa	-0.36±0.02Cc	-0.20±0.02Bc
苗鲜重	50	0.02±0.00Ac	-0.11±0.00Ba	-0.11±0.04Ba
	150	0.05±0.00Ab	-0.23±0.01Cb	-0.12±0.03Ba
	250	0.26±0.01Aa	-0.37±0.00Cc	-0.27±0.02Bb
苗干重	50	0.10±0.03Ab	-0.01±0.00Ba	-0.03±0.01Ba
	150	0.20±0.04Aab	-0.01±0.00Ba	-0.04±0.02Ba
	250	0.25±0.03Aa	-0.10±0.01Bb	-0.05±0.01Ba

由表 2 可知,甜瓜幼苗胚根、胚轴、苗鲜重及苗干重化感效应指数均随着腐解液浓度的增大而逐渐

增加,250 g·L⁻¹ 腐解液处理下达到最大,分别为 0.35、0.30、0.26 及 0.25,此时促进作用最强。随着

腐解液浓度的增加,绿豆和油菜幼苗胚根、胚轴、苗鲜重及苗干重化感效应指数|RI|越来越大,抑制作用则越来越强。

2.3.2 对化感综合效应的影响 为了综合分析刺槐凋落叶腐解液对 3 种作物种子萌发和幼苗生长发育的化感效应,统计甜瓜、绿豆和油菜 3 种作物的发芽率、发芽势、简明活力指数、胚根长、胚轴长、苗鲜重和苗干重 7 个指标的化感效应指数计算出化感综合效应指数(表 3)。随着刺槐凋落叶腐解液浓度的升高,甜瓜受到的促进作用逐渐增强,而绿豆和油菜受抑制程度逐渐增强,在腐解液浓度为 250 g · L⁻¹ 时作用强度均达到最大。在浓度范围为 50~250 g · L⁻¹ 条件下,刺槐凋落叶腐解液对 3 种作物的抑制作用强弱顺序为绿豆>油菜>甜瓜。

表 3 刺槐凋落叶腐解液对 3 种作物的化感综合效应

Table 3 Comprehensive allelopathic effect of leaf litter of *R. pseudoacacia* on three crops

腐解液浓度 /(g · L ⁻¹)	供试作物		
	甜瓜	绿豆	油菜
50	-0.03±0.01Ac	-0.07±0.01Aa	-0.05±0.01Aa
150	0.07±0.00Ab	-0.16±0.01Cb	-0.08±0.01Ba
250	0.21±0.03Aa	-0.25±0.00Cc	-0.14±0.01Bb
\bar{x}	0.08	-0.16	-0.09

3 结论与讨论

植物互作的化感效应主要表现在对种子萌发和幼苗生长的影响方面^[11]。研究发现,化感物质来源与种类、浸提液提取方式与浓度、受试物种敏感性等对植物化感效应产生一定的影响^[13-14,20-22]。本试验将刺槐凋落叶粉碎物混入土壤中,模拟自然条件下刺槐植株残体在土壤中的腐解过程,使得研究结果更接近于自然界的原始情况。通过研究发现,刺槐凋落叶腐解液对绿豆和油菜种子萌发及幼苗生长有不同程度的抑制作用,说明刺槐还可能通过凋落叶腐解释放的化感物质抑制作物的生长。

种子萌发在大部分植物整个生命史中扮演着非常重要的角色,它是多数植物生存繁衍的必经及首要阶段,同时也是植物生长史中较为脆弱的一个阶段^[19]。化感物质具有一定的选择性和专一性,且化感效应与腐解液浓度密切相关^[19-20]。本研究中,刺槐凋落叶腐解液对甜瓜种子发芽率和发芽势的影响不明显,但对简明活力指数具有促进作用,随着腐解液浓度的增大,对甜瓜种子简明活力指数的促进效果越明显。与之相反,刺槐凋落叶腐解液对绿豆和油菜种子萌发呈现抑制效应,且浓度越高,抑制作用越大,此结论与刘冬杰等^[9]在研究刺槐枯落叶浸提

液对刺槐种子的化感自毒作用中得出的结论相符,亦与田雅丽等^[23]在研究雪岭云杉森林中化感物质对双子叶植物种子萌发表现出“浓度效应”的结果一致。说明刺槐凋落叶腐解液对 3 种受试作物种子萌发的化感作用具有物种选择性和浓度依赖性;甜瓜、绿豆和油菜种子对刺槐凋落叶的化感作用有一定的耐受性,当腐解液浓度<50 g · L⁻¹ 时,3 种供试作物种子在萌发过程中能够抵御逆境干扰。

幼苗的健康生长是保障作物生存和繁衍的重要前提。本研究通过刺槐凋落叶水腐解液的生物测定,推断刺槐凋落叶腐解液中含有某些化学成分能抑制绿豆和油菜幼苗的生长。随着腐解液浓度的提高,腐解液中化感物质含量增加,对绿豆和油菜胚根、胚轴、苗鲜重和干重的影响也越明显,这与方芳等^[10]对白菜幼苗的试验结果一致。这些化感物质通过抑制胚根生长,阻碍根系的生长发育,从而降低根系吸收土壤水分和养分的能力,抑制胚轴的生长,从而导致幼苗矮小、瘦弱。植物体内化感物质主要是一些植物次级代谢产物,其中水溶性酚酸是高等植物的主要化感物质成分^[24]。尽管研究发现刺槐凋落叶腐解液具有化感抑制和促进作用,但还应该对其成分、主要活性物质种类、来源途径进行深入研究,以便得出更科学的结论。

综上所述,刺槐凋落叶腐解液对甜瓜具有促进作用,对绿豆和油菜具有抑制作用。为进一步确定刺槐的化感作用,在以后的工作中,需对刺槐植株及周围土壤中的化感物质进行鉴定,并对其作用机理进行深入研究,以便为刺槐种植区科学、合理的农作物生产格局提供更加全面、深入的理论基础。

参考文献:

[1] VÍTKOVÁ M,MÜLLEROVÁ J,SÁDLO J,*et al.* Black locust (*Robinia pseudoacacia* L.) beloved and despised;a story of an invasive tree in central Europe[J]. *Forest Ecology & Management*,2017,384:287-302.

[2] HE F,ZHANG H Q,TANG M. Aquaporin gene expression and physiological responses of *Robinia pseudoacacia* L. to the mycorrhizal fungus *Rhizophagus irregularis* and drought stress[J]. *Mycorrhiza*,2016,26(4):311-323.

[3] 张咪,刘永峰,贾艳梅,等. 黄土高原刺槐根细根形态特征和生物量研究[J]. *西北林学院学报*,2019,34(2):22-27.

ZHANG M,DU Y F,JIA Y M,*et al.* Fine root morphology and biomass of *Robinia pseudoacacia* in the Loess Plateau[J]. *Journal of Northwest Forestry University*,2019,34(2):22-27. (in Chinese)

[4] 尹达,杜宁,徐飞,等. 外来物种刺槐(*Robinia pseudoacacia* L.)在中国的研究进展[J]. *山东林业科技*,2014(6):92-99.

YIN D,DU N,XU F,*et al.* Research progress of alien species of *Robinia pseudoacacia* L. in China[J]. *Shandong Forestry*

Science and Technology,2014(6):92-99. (in Chinese)

[5] 梁静,程智慧,徐鹏,等. 白三叶腐解液对 5 种草坪草的化感作用研究[J]. 草地学报,2011,19(2):257-263,287.
LIANG J,CHEN Z H,XU P,*et al.* Allelopathy of *Trifolium repense* decomposed liquids on turfgrasses[J]. Acta Agrestia Sinica,2011,19(2):257-263,287. (in Chinese)

[6] 赵莉莉,杨途熙,魏安智,等. 花椒叶浸提液对 4 种牧草种子的化感作用[J]. 西北林学院学报,2017,32(2):150-154.
ZHAO L L,YANG T X,WEI A Z,*et al.* Allelopathy of aqueous extract of *Zanthoxylum bungeanum* leaves on four grass seeds[J]. Journal of Northwest Forestry University,2017,32(2):150-154. (in Chinese)

[7] WARREN R J,LABATORE A,CANDEIAS M. Allelopathic invasive tree (*Rhamnus cathartica*) alters native plant communities[J]. Plant Ecology,2017,218:1233-1241.

[8] 李轲,杨柳. 刺槐根际土壤水浸提液对 5 种常见园林植物种子萌发及幼苗生长的化感作用[J]. 种子,2019,38(6):115-120.
LI K,YANG L. Allelopathic effects of aqueous extracts from rhizosphere soil of *Robinia pseudoacacia* Linn. on seed germination and seedling growth of five kinds of common garden plants[J]. Seed,2019,38(6):115-120. (in Chinese)

[9] 刘冬杰,刘增文. 刺槐枯落叶浸提液对种子萌发及幼苗生长的影响[J]. 西北林学院学报,2011,26(3):129-131.
LIU D J,LIU Z W. Effects of *Robinia pseudoacacia* litter extract on seed germination and seedling growth[J]. Journal of Northwest Forestry University,2011,26(3):129-131. (in Chinese)

[10] 方芳,彭祚登. 刺槐种子甲醇腐解液对白菜种子发芽的影响[J]. 黑龙江农业科学,2012(4):91-94.
FANG F,PENG Z D. The effects of *Robinia pseudoacacia* seeds extracts on seed germination of cabbage [J]. Heilongjiang Agricultural Sciences,2012(4):91-94. (in Chinese)

[11] 刘雅婧,蒙仲举,党晓宏,等. 狼毒浸提液对 3 种牧草种子萌发和幼苗生长的影响[J]. 草业学报,2019,28(8):130-138.
LIU Y J,MENG Z J,DANG X H,*et al.* Allelopathic effects of *Stellera chamaejasme* on seed germination and seedling growth of alfalfa and two forage grasses[J]. Acta Prataculturae Sinica,2019,28(8):130-138. (in Chinese)

[12] 唐成林,罗夫来,赵致,等. 半夏植株腐解液对 8 种作物的化感作用及化感物质成分分析[J]. 核农学报,2018,32(8):1639-1648.
TANG C L,LUO F L,ZHAO Z,*et al.* The allelopathy of *Pinellia ternata* decomposed liquid on 8 crops and composition of allelochemicals[J]. Journal of Nuclear Agricultural Sciences,2018,32(8):1639-1648. (in Chinese)

[13] 刘书彤,王楠,李建安. 油茶浸提液对 2 种牧草的化感作用[J]. 分子植物育种,2020,18(10):3373-3381.
LIU S T,WANG N,LI J A. Allelopathy of *Camellia oleifera* extract on two forage grass [J]. Molecular Plant Breeding,2020,18(10):3373-3381. (in Chinese)

[14] 李琳琳,刘建国,燕鹏,等. 不同外源酚酸化感物质组合对棉花种子萌发和幼苗生长的化感效应[J]. 生态科学,2019,38(6):115-119.
LI L L,LIU J G,YAN P,*et al.* Allelopathic effects of different combinations of phenolic acid allelochemicals on cotton seed germination and seedling growth[J]. Ecological Science,2019,38(6):115-119. (in Chinese)

[15] 胡婧,李德颖,朱慧森,等. 草地早熟禾叶和根茎浸提液对 3 种花卉植物种子萌发的影响[J]. 草地学报,2019,27(1):178-184.
HUANG J,LI D Y,ZHU H S,*et al.* Effect of water extractions from the leaves and rhizomes of kentucky bluegrass on seed germination of three herbaceous ornamentals[J]. Acta Agrestia Sinica,2019,27(1):178-184. (in Chinese)

[16] 赵娟,杜军志,薛泉宏,等. 3 株放线菌对甜瓜幼苗的促生与抗性诱导作用[J]. 西北农林科技大学学报:自然科学版,2010,38(2):109-116.
ZHAO J,DU J Z,XUE Q H,*et al.* The growth-promoting effect and resistance induction of 3 antagonistic actinomycetes on *Cucumis melo* L. [J]. Journal of Northwest A&F University: Nat. Sci.,2010,38(2):109-116. (in Chinese)

[17] WILLIAMSON G B,RICHARDSON D. Bioassays for allelopathy: Measuring treatment response with independent controls[J]. Journal of Chemical Ecology,1988,14(1):181-187.

[18] 赵红,王婷,余李. 大蒜鳞茎浸提液对大豆种子萌发和幼苗生长的化感效应[J]. 大豆科学,2019,38(4):548-553.
ZHAO H,WANG T,YU L. Allelopathic effect of garlic bulb aqueous extracts on seed germination and seedling growth of soybean[J]. Soybean Science,2019,38(4):548-553. (in Chinese)

[19] 宋文娟,高霞,张凤春,等. 3 种常见草原植物水浸液对冰草和早熟禾种子萌发的影响[J]. 西北农林科技大学学报:自然科学版,2017,45(3):185-191.
SONG W J,GAO X,ZHANG F C,*et al.* Effects of aqueous extracts from 3 common plants on seed germination of *Agropyron cristatum* and *Poa annua* [J]. Journal of Northwest A&F University: Nat. Sci.,2017,45(3):185-191. (in Chinese)

[20] 赵新梅,王军,莫静静,等. 三种作物茎叶枯落物水浸液对烟草幼苗生长的化感效应[J]. 草业学报,2016,25(9):37-45.
ZHAO X M,WANG J,MO J J,*et al.* Allelopathic effects of leaf-stem litter water aqueous extracts of three plant species on tobacco seedling [J]. Acta Prataculturae Sinica,2016,25(9):37-45. (in Chinese)

[21] 朱政财,李祥彬,李文业,等. 外来植物白千层生长区域土壤的化感作用研究[J]. 生态科学,2019,38(6):131-135.
ZHU Z C,LI X B,LI W Y,*et al.* Allelopathic potential of soil with growth of alien plant species *Melaleuca leucadendra* Linn [J]. Ecological Science,2019,38(6):131-135. (in Chinese)

[22] 李敏,闫兴富,马丽,等. 酚酸类化感自毒物质对枸杞种子萌发的抑制作用研究[J]. 生态学报,2020,40(6):2072-2079.
LI M,YAN X F,MA L,*et al.* Allelopathic inhibition of phenolic acids on germination of Wolfberry (*Lycium barbarum* Linn. [J]. Acta Ecologica Sinica,2020,40(6):2072-2079. (in Chinese)

[23] 田雅丽,常顺利,张毓涛,等. 天山雪岭云杉森林化感物质对种子萌发的影响[J]. 中国农学通报,2019,35(2):35-41.
TIAN Y L,CHANG S L,ZHANG Y T,*et al.* Effect of allelochemicals of *Picea schrenkiana* forests on seed germination in Tianshan [J]. Chinese Agricultural Science Bulletin,2019,35(2):35-41. (in Chinese)

[24] BRUCE W G,RICHARDSON D. Bioassays for allelopathy: Measuring treatment responses with independent controls [J]. Journal of Chemical Ecology,1988,14(1):181-187.