

烟草凋萎叶早期腐解液对莴苣的化感作用

柳均^{1,2}, 汪宏毅¹, 周冀衡^{2*}, 王国宏¹, 廖晓玲¹

1. 湖北省烟草产品质量监督检验站, 武汉 430030

2. 湖南农业大学烟草研究院, 长沙 410128

摘要: 为了研究烟草凋萎叶早期腐解液及其不同组分的化感作用, 以对化感物质具有高敏感性的莴苣(*Lactuca sativa*) 为指示材料, 对烟草品种 K326 凋萎叶早期腐解液及其分离后的各组分分别进行了化感潜力的生物测定。结果表明: 1) 早期腐解液及其组分随处理浓度的增大对莴苣种子萌发的抑制效应逐渐增强, 且显著降低了种子萌发速率, 并延长了种子的平均萌发周期; 2) 早期腐解液及其组分对幼苗生长和物质积累表现出“低浓度促进, 高浓度抑制”的双重浓度效应; 3) 综合化感效应绝对强度大小表现为酸性组分> 腐解原液> 碱性组分> 中性组分, 酸性组分是早期腐解液产生化感抑制作用的主体, 而中性和碱性组分在一定浓度范围内具有微弱的促进作用。实验证明烟草凋萎叶早期腐解液存在化感作用, 且各组分化感作用存在较大差异。

关键词: 烟草; 化感作用; 腐解物; 莴苣

文章编号: 1673-5897(2011)6-515-08 中图分类号: X171.5; X503.23 文献标识码: A

Allelopathy of Inchoate Decomposing Liquid of Tobacco Withered Leaves on Lettuce

Liu Jun^{1,2}, Wang Hongyi¹, Zhou Jiheng^{2*}, Wang Guohong¹, Liao Xiaoling¹

1. Hubei Tobacco Quality Supervision & Test Center, Wuhan 430030, China

2. Tobacco Research College, Hunan Agriculture University, Changsha 410128, China

Received 5 May 2011 accepted 23 July 2011

Abstract: To study the allelopathic effects of inchoate decomposing liquid of tobacco withered leaves and its compositions, lettuce (*Lactuca sativa*) seeds, as a sensitive species to allelopathy, were exposed to the withered leaf decomposition of flue cured tobacco K326 and its compositions. Results showed that the germination of lettuce seeds was inhibited by tobacco withered leaf decomposition and its compositions, and the allelopathic effects became stronger as the treatment concentration increased. The germination rates were reduced, and the median germination time was prolonged. The growth and mass accumulation of lettuce seedlings was promoted at lower treatment concentrations, but inhibited at higher concentrations. Comprehensive allelopathy effect of decomposing liquid of tobacco withered leaves and its compositions followed the order of acidic composition> raw withered leaf decomposition> alkaline composition> neutral composition. The acidic composition is the main contributor to inhibitive allelopathy effect in the tobacco withered leaf decomposition, whereas the neutral composition and alkaline composition could weakly facilitate the germination and growth of lettuce seeds in certain concentration range. It is indicated that inchoate decomposing liquid of tobacco withered leaves could exert allelopathic effects on lettuce, and its different

收稿日期: 2011-05-05 录用日期: 2011-07-23

基金项目: 湖北省产烟叶危害性指标研究(鄂烟科[2010]24号)

作者简介: 柳均(1984), 男, 硕士, 研究方向为烟草化学及仪器分析, E-mail: lingyi1984@163.com;

*通讯作者(Corresponding author), E-mail: jhzhou2005@163.com

compositions demonstrated different allelopathic effects.

Keywords: tobacco; allelopathy; decomposition; lettuce

化感作用是指植物或微生物向环境释放某些化学物质而对自身及其他有机体的生长和发育产生有益或有害影响的一种化学生态学现象^[12]。化感作用是许多植物产生连作障碍的一个重要原因^[3]。烟草属于不耐连作的作物,长期以来,连作障碍给烟叶生产带来了十分严重的危害,已成为影响和制约我国优质烟草生产的主要问题^[4]。研究显示,化感(自毒)作用是引起烟草连作障碍的重要因素^[5],因此,“如何克服化感物质对烟草的影响”已成为解决烟草连作障碍的一个关键性的研究内容。已有的研究发现,作物产生自毒作用的机理主要为化感物质增大了根系细胞膜通透性,降低了相关酶的活性^[1,6],进而抑制了植物对养分的吸收^[7,8]。土壤中含有一定浓度的化感物质后会对下茬作物的种子萌发和幼苗生长产生明显的抑制作用^[9]。研究表明,植物有效化感物质大部分是次生代谢物质,主要通过残体和残茬的腐解而释放,因此,植物残体腐解是土壤中产生化感物质的主要途径^[1,10,12]。烟草生产过程中会产生一定量的烟草底脚叶,因为接近土壤表层,湿度较高,光照较少,这部分烟叶很容易凋萎腐烂,失去经济价值,常常被残留在田间任其腐烂分解。而这部分烟草凋萎叶腐解后的产物是否会在烟田形成化感物质,是否会对烟草生长发育产生不利的影响,针对这些问题的研究尚未见报道。本研究以莴苣种子作为受试材料,研究了烟草生长过程中形成的凋萎叶及其腐解提取液对莴苣种子的化感作用,探讨烟草凋萎叶腐解过程中的化感作用,以期为进一步克服烟草生产中的连作障碍,提供一定的理论和实验的依据。

1 材料与方法(Materials and methods)

1.1 烟草凋萎叶早期腐解液的制备

参照廖周瑜等的方法^[13],取湖南农业大学烟草种植基地的0~20 cm表层土壤,去除杂质,风干后碾碎过60目筛,土样备用。采集烟草K326(*Nicotiana tobacum* L. K326)无病斑凋萎叶足量,风干后剪碎,随机称取2份25 g样品,紫外杀菌3 h后,加入25 g上述土样混匀,再加少许无菌去离子水,置于250 mL三角瓶中于28℃培养箱内遮光腐解;45 d后,加入适量的无菌去离子水抽滤提取并用无菌去离子水定容至250 mL,得到质量浓度为0.100 g·

mL⁻¹的烟草凋萎叶早期腐解液。取部分早期腐解液,用无菌去离子水稀释成3个浓度梯度,质量浓度分别为0.050、0.010和0.005 g·mL⁻¹。

1.2 烟草凋萎叶早期腐解液各组分的分离和制备

按照郭亚利等的方法^[8],将上述0.100 g·mL⁻¹浓度的早期腐解液离心(4 000 r·min⁻¹、20 min),取100 mL上清液用0.10 mol·L⁻¹ NaOH调节pH值至11.0,用等体积的无水乙醚萃取3次,收集上层乙醚相,经真空旋转蒸发后,用去离子水定容至100 mL,即获得浓度为0.100 g·mL⁻¹碱溶性组分(风干后凋萎叶);剩余的水相再用0.10 mol·L⁻¹ HCl调节pH至2.0后,用等体积的无水乙醚萃取3次,收集上层乙醚相,真空旋转蒸发后,用去离子水定容至100 mL即为0.100 g·mL⁻¹酸溶性组分;剩余的水相再用0.10 mol·L⁻¹ NaOH调节pH值到7.0,用等体积的无水乙醚萃取3次,收集上层乙醚相,真空旋转蒸发后,用去离子水定容至100 mL即为0.100 g·mL⁻¹中性组分。分别置于4℃保存备用。

取上述每种组分液体分别用无菌去离子水稀释至0.050、0.010和0.005 g·mL⁻¹ 3个浓度梯度,加上0.100 g·mL⁻¹母液共得4个浓度梯度、3种组分的处理液。对照组(CK)为经无水乙醚萃取处理过的无菌去离子水。

1.3 实验设计与生物活性检测

1.3.1 生物活性检测装置的改进

实验中莴苣种子生长迅速,一般的培养皿较难满足其生长的空间需要,因此对培养皿做了改进:在超净工作台上进行操作,选取无菌的2个相同规格培养皿的血盖或血盘,使其血盖与血盖配成一套,血盘与血盘配成一套。其中1个血盖/血盘内铺有杀菌后的双层滤纸。将莴苣种子均匀播种于双层滤纸上,然后均匀加入目标溶液,再将对应的血盖/血盘盖于播好种后的血盖/血盘上,然后用杀菌后的透明胶带封闭2个血盖/血盘间的缝隙,使其形成无菌环境,最后将其置于光照培养箱内培养。

1.3.2 生物活性检测

实验采用培养皿滤纸法^[14,15]进行。实验前,培养皿及定性滤纸置于烘箱内120℃灭菌2~4 h。选取均匀饱满的莴苣种子,用100 g·L⁻¹的次氯酸钠溶液杀菌10 min,后用无菌水清洗3次,晾干备用。

将消毒后的莴苣种子均匀播入 1.3.1 所述的培养皿的纸床上, 每皿放 25 粒, 并分别加入上述烟草凋萎叶早期腐解液及其不同组分的 4 个浓度的提取液 5 mL, 对照组加入 5 mL 的无菌去离子水, 每个浓度设 3 次重复。光照培养箱内(光强 6 000 lux, 每天光照 12 h, 湿度 50%, 箱温恒定 25 ℃)培养。每隔 24 h 观察种子萌发状况, 以子叶露出或胚根长度≥1 mm 为萌发标准, 7 d 后统计种子最终萌发率并测定各处理萌发种子幼苗胚根长、胚轴长及其鲜质量和干质量^[16]。

1.4 数据分析及化感潜力评价

采用 Microsoft Excel 2003 及 SPSS 15.0 进行数据统计分析。生测实验计算公式参照 Saxena 等的方法^[17]。

$$GR=\frac{G}{25}$$

(1)

$$RG=\sum_i^j(\frac{Ni}{Di})$$

(2)

$$MPUG=\frac{\sum_i^j NiDi}{UG}$$

(3)

$$PI(-)/PS(+)=\frac{UG(AE)}{UG(CK)}-1$$

(4)

上式中, GR 表示种子萌发率, G 表示种子萌发数; RG 表示种子萌发速率; Di 表示天数, Ni 表示第

i 天的发芽数; MPUG 表示平均萌发周期; UG 表示最终萌发率, 即实验过程中, 最大平均种子萌发率; PI 表示种子萌发抑制率, PS 表示种子萌发促进率, UG(CK)表示对照组的最终萌发率, UG(AE)表示处理组的最终萌发率。

化感效应指数(RI)采用 Williamson 和 Richardson 的方法^[18]。

$$RI=\begin{cases} 1-\frac{C}{T}, T\geq C; \\ \frac{C}{T}-1, T\leq C. \end{cases}$$

(5)

式中, C 为对照值, T 为处理值。当 RI>0 时, 表示促进作用; 当 RI<0 时, 表示抑制作用。RI 绝对值的大小代表化感作用强度。综合化感强度用所测试各项目中抑制(或促进)作用的 RI 的均值进行评价。

2 结果与分析(Results and analysis)

2.1 烟草凋萎叶早期腐解液对莴苣种子萌发的影响

对照组莴苣种子的最终萌发率为(98.67±2.31)%。除 0.005 g·mL⁻¹中性组分处理组和 0.005 g·mL⁻¹酸溶性组分处理组中莴苣种子的最终萌发率高于或相当于对照组外, 其余各处理组中莴苣种子最终萌发率均降低(表 1)。随着烟草凋萎

表 1 烟草凋萎叶早期腐解液及其组分对莴苣种子萌发参数的影响
Table 1 Effects of inchoate decomposing liquid of tobacco withered leaves and its different compositions on germination parameter of lettuce

实验处理	浓度/(g·mL ⁻¹)	最终萌发率/%	种子萌发抑制(PI)/促进(PS)	萌发速率/(颗·天 ⁻¹)	平均萌发周期/d
腐解原液	0.100	2.67±0.62 d D	-0.97	0.42±0.12 e C	6.48
	0.050	10.67±1.55 cd D	-0.89	2.07±0.29 e C	3.21
	0.010	90.67±10.07 a A	-0.08	19.94±3.98 abc A	1.34
	0.005	97.33±2.31 a A	-0.01	22.11±1.67 abc A	1.19
	0.100	8.00±2.93 cd D	-0.92	0.45±0.09 e C	5.84
酸溶性组分	0.050	22.67±5.14 c CD	-0.77	1.63±0.43 e C	4.24
	0.010	89.33±15.14 a A	-0.09	19.33±5.80 bc A	1.43
	0.005	98.67±2.31 a A	0.00	23.42±1.94 ab A	1.12
	0.100	50.67±2.31 b B	-0.49	9.18±1.24 d B	1.80
中性组分	0.050	88.00±8.00 a A	-0.11	18.51±1.52 c A	1.50
	0.010	96.00±4.00 a A	-0.03	23.42±1.42 ab A	1.12
	0.005	100±0.00 a A	0.01	24.28±0.38 a A	1.07
碱溶性组分	0.100	41.33±12.03 b BC	-0.58	8.53±4.54 d B	1.94
	0.050	53.33±8.04 b B	-0.46	12.08±4.06 d B	1.72
	0.010	97.33±2.31 a A	-0.01	24.33±0.58 a A	1.00
	0.005	94.67±6.11 a A	-0.04	23.67±1.53 ab A	1.08
对照(CK)	0	98.67±2.31 a A	0.00	23.67±1.04 ab A	1.08

注: 表中小写字母表示处理间显著性差异(p<0.05), 大写字母表示差异(p<0.01)。
(C)1994-2019 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

叶腐解原液、酸溶性组分和中性组分处理液浓度的增大, 莴苣种子最终萌发率逐渐降低, 但碱溶性组分处理组中莴苣种子最终萌发率随处理浓度的增大呈现出先升高后降低的规律。其中腐解原液、酸溶性组分和碱溶性组分各浓度处理组中 2 个较低浓度处理组(0.005和 0.010 g·mL⁻¹)组间, 2 个较高浓度处理组(0.050和 0.100 g·mL⁻¹)组间差异均不显著, 但在 2 个低浓度与 2 个高浓度处理间差异极显著($p<0.01$); 除 0.100 g·mL⁻¹中性组分处理组与其他 3 个浓度的中性组分处理组差异达极显著外($p<0.01$), 0.050、0.010 和 0.005 g·mL⁻¹这 3 组间差异不显著。

4 种不同处理液中腐解原液和碱溶性组分的各浓度处理对莴苣种子的萌发均呈现抑制作用, 腐解原液的抑制效应随着处理液浓度的升高逐渐加强, 碱溶性组分的抑制效应总体上也随着处理液浓度的升高而加强, 但浓度 0.010 g·mL⁻¹处理对种子萌发的抑制率低于 0.005 g·mL⁻¹处理。而中性组分 0.005 g·mL⁻¹处理组对莴苣种子的萌发并没有抑制作用, 反而呈现出促进作用。

对照组的种子萌发速率为(23.67±1.04) 颗·天⁻¹, 平均萌发周期为 1.08 d。烟草凋萎叶早期腐解液及其各组分不同浓度的处理液均显著降低了莴苣种子萌发速率, 延长了种子的平均萌发周期, 但

中性组分 0.010 g·mL⁻¹处理组和碱溶性组分 0.005 和 0.010 g·mL⁻¹处理组除外(表 1)。烟草凋萎叶早期腐解液及其各组分不同浓度的处理液对种子平均萌发周期的延长幅度并不大, 只有在腐解原液 0.050 和 0.100 g·mL⁻¹处理组, 以及酸溶性组分 0.050 和 0.100 g·mL⁻¹处理组中种子平均萌发周期延长了 2.13 d 以上; 各处理液各浓度组浓度与萌发速率呈负相关关系, 而与种子平均萌发周期呈正相关关系, 低浓度处理对种子萌发周期影响小, 高浓度处理影响大。

2.2 烟草凋萎叶早期腐解液对莴苣幼苗生长的影响

烟草凋萎叶早期腐解液及其组分对莴苣幼苗生长的影响如表 2 所示。腐解原液处理下, 随处理液浓度的增大, 胚轴长度呈现先增加后降低的单峰现象, 而胚根长度则逐渐减小。腐解原液 0.100 g·mL⁻¹处理组中莴苣幼苗胚轴长度与 CK 相比达极显著差异($p<0.01$), 腐解原液各浓度处理的莴苣幼苗胚根长度与 CK 相比均达到极显著差异($p<0.01$)。从 RI 来看, 仅腐解原液 0.100 g·mL⁻¹处理对莴苣幼苗胚轴长度有极显著的抑制作用, 其他各浓度处理均有一定的促进作用; 而在胚根方面, 低浓度(0.005 和 0.010 g·mL⁻¹)处理时存在极显著的促进作用($p<0.01$), 而高浓度(0.050 和 0.100 g·mL⁻¹)处理则表现出极显著的抑制作用($p<0.01$)。

表 2 烟草凋萎叶早期腐解液及其组分对莴苣幼苗生长的影响

Table 2 Effects of inchoate decomposing liquid of tobacco withered leaves and its different compositions on seedling growth of lettuce

实验处理	浓度/(g·mL ⁻¹)	胚轴长度/cm	胚轴 RI	胚根长度/cm	胚根 RI
腐解原液	0.100	0.47±0.11 f EF	-0.71	0.24±0.02 h GH	-0.93
	0.050	1.80±0.26 abc ABC	0.10	1.67±0.27 f F	-0.48
	0.010	2.14±0.18 a A	0.24	3.93±0.39 cd C	0.18
	0.005	1.78±0.19 abc ABC	0.09	4.35±0.38 bc BC	0.26
酸溶性组分	0.100	0.06±0.01 g F	-0.96	0 h H	-1.00
	0.050	0.49±0.18 f EF	-0.70	0.38±0.06 gh GH	-0.88
	0.010	1.21±0.15 de CD	-0.25	2.74±0.19 e E	-0.15
	0.005	1.71±0.23 abc ABC	0.05	3.76±0.46 d CD	0.15
中性组分	0.100	0.82±0.08 ef DE	-0.49	0.82±0.14 g G	-0.74
	0.050	1.51±0.06 cd BC	-0.07	3.02±0.11 e E	-0.06
	0.010	1.46±0.25 cd BC	-0.10	4.17±0.22 cd BC	0.23
	0.005	1.51±0.07 cd BC	-0.07	4.81±0.08 ab AB	0.33
碱溶性组分	0.100	1.51±0.28 cd BC	-0.07	1.72±0.13 f F	-0.46
	0.050	2.06±0.41 ab AB	0.21	3.05±0.53 e E	-0.05
	0.010	1.76±0.20 abc ABC	0.08	5.17±0.44 a A	0.38
	0.005	1.69±0.35 abc ABC	0.04	5.07±0.32 a A	0.37
对照(CK)	0	1.62±0.06 bcd ABC	-	3.21±0.35 e DE	-

注: 表中小写字母表示处理间显著性差异($p<0.05$), 大写字母表示差异($p<0.01$); RI 为化感效应指数。

酸溶性组分处理下, 随处理液浓度的增大, 幼苗胚轴和胚根长度均逐渐减小, 其中幼苗胚根长度在 $0.100\text{ g}\cdot\text{mL}^{-1}$ 处理中未检出。高浓度(0.100 和 $0.050\text{ g}\cdot\text{mL}^{-1}$) 处理中, 胚轴和胚根长度与 CK 相比差异均达极显著水平($p<0.01$)。RI 结果显示: 仅 $0.005\text{ g}\cdot\text{mL}^{-1}$ 处理对幼苗胚轴和胚根长度有微弱的促进作用, 其余各浓度处理均表现出显著或极显著的抑制作用($p<0.05$ 或 $p<0.01$)。

中性组分处理下, 随处理液浓度的增大, 幼苗胚轴长度变化规律不明显, 胚根长度则表现出逐渐减小的趋势。与 CK 相比, $0.100\text{ g}\cdot\text{mL}^{-1}$ 处理对幼苗胚轴和胚根长度有极显著的抑制作用($p<0.01$), 且低浓度(0.005 和 $0.010\text{ g}\cdot\text{mL}^{-1}$) 处理对幼苗胚根长度有极显著的促进作用($p<0.01$)。RI 结果显示: 各浓度处理均对胚轴长度有抑制作用, 而在胚根长度上则表现为低浓度(0.005 和 $0.010\text{ g}\cdot\text{mL}^{-1}$) 处理促进, 高浓度(0.100 和 $0.050\text{ g}\cdot\text{mL}^{-1}$) 处理抑制。

碱溶性组分处理下, 随处理液浓度的增大, 幼苗胚轴和胚根长度均表现为先增加后降低的单峰现象。与 CK 相比, 各浓度处理中幼苗的胚轴长度差异均不显著; 而 $0.100\text{ g}\cdot\text{mL}^{-1}$ 处理对幼苗胚根长度有极显著的抑制作用($p<0.01$), 低浓度(0.005 和 $0.010\text{ g}\cdot\text{mL}^{-1}$) 处理存在极显著的促进作用($p<0.01$)。

综上所述, 烟草凋萎叶早期腐解液及其组分对莴苣幼苗生长的影响主要表现为低浓度的促进作用和高浓度的抑制作用。其中, 酸溶性组分处理主要表现为强烈的抑制作用; 腐解原液的抑制作用强烈, 而促进作用微弱; 碱溶性组分在幼苗胚轴长度上的促进和抑制作用均较微弱, 对胚根长度的促进和抑制作用则较强; 中性组分对幼苗胚轴长度主要表现为抑制作用, 对胚根长度的促进和抑制作用均较强。

2.3 烟草凋萎叶早期腐解液对莴苣幼苗物质积累的影响

烟草凋萎叶早期腐解液及其组分对莴苣幼苗物质积累的影响见表 3。腐解原液处理下, 随处理液浓度的增大, 幼苗鲜质量呈现先增加后降低的单峰现象, $0.010\text{ g}\cdot\text{mL}^{-1}$ 处理中鲜质量最大, $0.100\text{ g}\cdot\text{mL}^{-1}$ 处理中鲜质量最低; 幼苗干质量则表现出逐渐降低的趋势, $0.100\text{ g}\cdot\text{mL}^{-1}$ 处理中幼苗干质量未能检出。在高浓度处理时幼苗鲜质量和干质量与 CK 相比差异极显著($p<0.01$)。从 RI 来看, 在低浓度(0.005 和 $0.010\text{ g}\cdot\text{mL}^{-1}$) 处理时, 腐解原液对幼苗鲜/干质量存在一定的促进作用, 而高浓度(0.100 和 $0.050\text{ g}\cdot\text{mL}^{-1}$) 处理时则表现出抑制作用。

表 3 烟草凋萎叶早期腐解液及其组分对莴苣幼苗物质积累的影响
Table 3 Effects of inchoate decomposing liquid of tobacco withered leaves and its different compositions on mass accumulation of lettuce seedling

实验处理	浓度/($\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$)	幼苗鲜质量/(毫克·颗 ⁻¹)	鲜质量 RI	幼苗干质量/(毫克·颗 ⁻¹)	干质量 RI
腐解原液	0.100	0.42±0.12 g H	-0.92	N. D.	-1.00
	0.050	5.00±0.65 d DEF	-0.07	0.20±0.05 b BC	-0.57
	0.010	7.83±1.75 a AB	0.31	0.50±0.10 a A	0.06
	0.005	6.93±0.25 abc ABCD	0.22	0.50±0.00 a A	0.06
酸溶性组分	0.100	1.21±0.06 g GH	-0.78	N. D.	-1.00
	0.050	1.83±0.29 fg GH	-0.66	0.08±0.01 b C	-0.83
	0.010	4.27±0.40 de EF	-0.21	0.43±0.06 a AB	-0.09
	0.005	4.83±0.67 d DEF	-0.11	0.50±0.00 a A	0.06
中性组分	0.100	3.00±0.20 ef FG	-0.44	0.40±0.10 a AB	-0.15
	0.050	4.93±0.83 d DEF	-0.09	0.47±0.06 a AB	0
	0.010	5.67±0.60 cd ABCDE	0.05	0.50±0.10 a A	0.06
	0.005	5.90±0.30 bcd ABCDE	0.08	0.53±0.06 a A	0.11
碱溶性组分	0.100	5.30±1.00 cd CDEF	-0.02	0.47±0.12 a AB	0
	0.050	7.93±0.40 a A	0.32	0.47±0.12 a AB	0
	0.010	7.63±0.58 ab ABC	0.29	0.60±0.10 a A	0.22
	0.005	6.17±1.42 abcd ABCDE	0.12	0.53±0.12 a A	0.11
对照(CK)	0	5.40±0.72 cd BCDEF	-	0.47±0.06 a AB	-

注: 表中小写字母表示处理间显著性差异($p<0.05$), 大写字母表示差异($p<0.01$); N. D. 表示未检出。

酸溶性组分条件下, 莴苣幼苗鲜/干质量随处理液浓度的增大呈现逐渐降低的趋势。与 CK 相比, 高浓度(0.100 和 0.050 g·mL⁻¹)处理对幼苗鲜/干质量影响极显著($p<0.01$)。RI 显示, 各浓度处理对幼苗鲜质量均呈现抑制作用, 除 0.005 g·mL⁻¹ 处理对幼苗干质量有微弱的促进作用外, 其余各浓度处理均表现出抑制作用, 且这种抑制作用随浓度的增大而增强。

中性组分的影响规律和酸溶性组分相似, 即随处理液浓度的增大幼苗鲜/干质量逐渐降低, 但除 0.100 g·mL⁻¹ 处理中幼苗鲜质量与 CK 相比差异显著外($p<0.05$), 其余各浓度处理均不显著。RI 的变化也显示出中性组分处理对幼苗物质积累的影响, 随着处理液浓度的增大逐渐由微弱的促进作用转为抑制作用。

碱溶性组分的作用规律与腐解原液相似, 随处理浓度增大, 幼苗鲜/干质量呈现出先增加后降低的单峰现象, 其中, 0.050 g·mL⁻¹ 处理中幼苗鲜质量最高, 与 CK 相比差异极显著($p<0.01$), 其他各浓度处理在幼苗鲜/干质量上与 CK 相比差异均不显著。RI 的变化也显示出碱性组分处理对幼苗物质积累的影响随浓度的增大由促进作用转为抑制作用。

综上可知, 烟草凋萎叶早期腐解液及其组分对莴苣幼苗物质积累的影响主要表现为低浓度的促进作用和高浓度的抑制作用, 且酸溶性组分的影响主要表现为抑制作用, 碱溶性组分的影响主要表现为促进作用, 中性组分处理的促进作用和抑制作用均较微弱, 腐解原液处理的促进作用和抑制均较强。

2.4 烟草凋萎叶早期腐解液的综合化感效应

表 4 所示为烟草凋萎叶腐解物及其不同组分的综合化感效应强度。可以看出, 腐解原液及 3 种不同组分随着处理液浓度的增大其综合化感效应由促进作用转为抑制作用。其中, 腐解原液和碱溶性组分有“低浓度促进, 高浓度抑制”的双重浓度效应, 而酸溶性组分和中性组分则随处理液浓度的增大抑制作用增强。从各处理液所测指标的 RI 均值可知, 4 种不同处理液的综合化感效应绝对强度大小表现为: 酸溶性组分> 腐解原液> 碱溶性组分> 中性组分。

综上可知, 烟草凋萎叶早期腐解液及其不同组分的化感作用规律在浓度为 0.005~0.100 g·mL⁻¹ 时存在差异。腐解原液总体表现出抑制作用, 碱溶

性组分有微弱的促进作用, 中性组分存在微弱的抑制作用, 而酸溶性组分则表现出较强的抑制作用。

表 4 烟草凋萎叶早期腐解液及其组分对莴苣的综合化感效应强度

Table 4 Comprehensive allelopathy effect of inchoate decomposing liquid of tobacco withered leaves and its different compositions on lettuce

浓度 /(g·mL ⁻¹)	早期腐解液类型			
	腐解原液	酸溶性组分	中性组分	碱溶性组分
0.100	-0.89	-0.94	-0.46	-0.14
0.050	-0.26	-0.77	-0.06	0.12
0.010	0.20	-0.18	0.06	0.24
0.005	0.16	0.04	0.11	0.16
均值	-0.20	-0.46	-0.08	0.10

注: 表中综合化感效应强度为所有测试指标的 RI 的均值。

3 讨论 (Discussion)

烟草凋萎叶早期腐解液及其各组分对莴苣种子萌发的影响规律总体上表现为: 随处理液浓度的增大, 种子最终萌发率逐渐降低, 抑制效应逐渐增强, 高浓度处理显著抑制种子的萌发率; 各种处理液显著降低了莴苣种子的萌发速率, 延长了种子的平均萌发周期, 并且随浓度的增大该抑制作用越来越强。表明, 烟草凋萎叶早期腐解液对莴苣种子的萌发有显著的化感效应, 这与前人对其他作物影响的研究结果一致^[3], 并进一步证实了烟草残体腐解过程中可形成对植物种子萌发产生明显抑制作用的化感物质^[19]。

烟草凋萎叶早期腐解液及其各组分对莴苣幼苗生长和物质积累的影响主要表现为低浓度的促进作用和高浓度的抑制作用^[20]。烟草凋萎叶腐解物产生的化感物质存在于较宽的 pH 范围内, 其中酸溶性组分随着浓度的增大越来越严重地抑制幼苗的生长和物质积累, 这与已有研究所报道的“化感物质主要为酸性物质”较吻合^[21]; 碱溶性组分和中性组分在低浓度条件下对莴苣幼苗生长和物质积累有一定的促进作用。

烟草凋萎叶早期腐解液及其不同组分处理液的综合化感效应强度大小表现为: 酸溶性组分> 腐解原液> 碱溶性组分> 中性组分。酸溶性组分的抑制作用较强, 且其抑制作用超过了碱溶性组分和中性组分的促进作用, 使腐解原液总体表现出抑制作用, 也进一步说明酸溶性组分是烟草凋萎叶早期腐解液产生化感抑制作用的主体。

化感物质主要由植物的次生代谢产物所构成^[1]。农业生产中,烟草残体可通过土壤微生物的短时间分解作用,将化感物质释放至土壤中,这可能与烟叶中含有丰富的次生代谢物质有关^[22,23]。这些化感物质残留在土壤中,会影响烟草生长。因此,烟草生产中应做好田间卫生清洁工作,及时清除残留在田间的烟草残体,防止其腐烂,避免其对烟草生产带来不利影响。

通讯作者简介:周冀衡(1957—),男,教授,博士生导师,长期从事烟草生理生化和烟草化学研究,发表学术论文260余篇。

参考文献:

- [1] Rice E L. Allelopathy [M]. New York: Academic Press, 1984: 1-50
- [2] 孔垂华, 胡飞. 植物化感(相生相克)作用及其应用 [M]. 北京: 中国农业出版社, 2001: 134-137, 153
- [3] Asao T, Hasegawa K, Sueda Y, et al. Autotoxicity of root exudates from taro [J]. *Scientia Horticulturae*, 2003, 97(3-4): 389-396
- [4] 晋艳, 杨宇虹, 段玉琪, 等. 烟草连作对烟叶产量和质量的影响研究初报 [J]. *烟草科技*, 2002(1): 41-45
Jin Y, Yang Y H, Duan Y Q, et al. Influence of continuous cropping on yield and quality of flue cured tobacco [J]. *Tobacco Science & Technology*, 2002(1): 41-45 (in Chinese)
- [5] 刘方, 何腾兵, 刘元生, 等. 长期连作黄壤烟地养分变化及其施肥效应分析 [J]. *烟草科技*, 2002(6): 30-33
Liu F, He T B, Liu Y S, et al. Nutrient changes of yellow soil successively planted flue cured tobacco and its fertilization effect [J]. *Tobacco Science & Technology*, 2002(6): 30-33 (in Chinese)
- [6] 沈慧敏, 郭鸿儒, 黄高宝. 不同植物对小麦、黄瓜和萝卜幼苗化感作用潜力的初步评价 [J]. *应用生态学报*, 2005, 16(4): 740-743
Shen H M, Guo H R, Huang G B. Allelopathy of different plants on wheat, cucumber and radish seedlings [J]. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2005, 16(4): 740-743 (in Chinese)
- [7] 王芳, 王敬国. 茄子秸秆水提物自毒作用初探 [J]. *中国生态农业学报*, 2005, 13(2): 51-53
Wang F, Wang J G. Study on autotoxic effects of aqueous extracts from eggplant residues [J]. *Chinese Journal of Eco-Agriculture*, 2005, 13(2): 51-53 (in Chinese)
- [8] 郭亚利, 李明海, 吴洪田, 等. 烤烟根系分泌物对烤烟幼苗生长和养分吸收的影响 [J]. *植物营养与肥料学报*, 2007, 13(3): 458-463
- Guo Y L, Li M H, Wu H T, et al. Effects of root exudates on growth and nutrients uptake of tobacco seedlings [J]. *Plant Nutrition and Fertilizer Science*, 2007, 13(3): 458-463 (in Chinese)
- [9] González L, Souto X C, Reigosa M J. Allelopathic effects of *Acacia melanoxylon* R. Br. phyllodes during their decomposition [J]. *Forest Ecology and Management*, 1995, 77(1-3): 53-63
- [10] 侯永侠, 周宝利, 吴晓玲, 等. 辣椒秸秆腐解物化感作用的研究 [J]. *应用生态学报*, 2006, 17(4): 699-702
Hou Y X, Zhou B L, Wu X L, et al. Allelopathy of decomposing pepper stalk on pepper growth [J]. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2006, 17(4): 699-702 (in Chinese)
- [11] 王树起, 韩丽梅, 杨振明, 等. 大豆根茬腐解液和营养液残液对大豆生长发育的自感效应 [J]. *中国油料作物学报*, 2000, 22(3): 43-47
Wang S Q, Han L M, Yang Z M, et al. Effect of decomposed liquids from soybean stubs and remnants of nutrient solution on soybean growth [J]. *Chinese Journal of Oil Crop Sciences*, 2000, 22(3): 43-47 (in Chinese)
- [12] Tukey H B. Implications of allelopathy in agricultural plant science [J]. *The Botanical Review*, 1969, 35(1): 1-16
- [13] 廖周瑜, 赵则海, 侯玉平, 等. 五爪金龙凋落叶腐解物的化感潜力研究 [J]. *生态环境*, 2007, 16(4): 1249-1252
Liao Z Y, Zhao Z H, Hou Y P, et al. Allelopathic potential of early decomposition of leaf litter of *Ipomoea cairica* [J]. *Ecology and Environment*, 2007, 16(4): 1249-1252 (in Chinese)
- [14] 林辰壹, 张丽辉, 赵芸, 等. 青霉素对老化茎用莴苣种子发芽及幼苗生长的影响 [J]. *种子*, 2007, 26(5): 20-24
Lin C Y, Zhang L H, Zhao Y, et al. Effect of penicillin on germination of accelerated aging seed and seedling growth of asparagus lettuce [J]. *Seed*, 2007, 26(5): 20-24 (in Chinese)
- [15] 颜启传. 种子检验的原理和技术 [M]. 北京: 农业出版社, 1992: 293
- [16] 陶嘉玲. 种子活力 [M]. 北京: 科学技术出版社, 1991: 109-146
- [17] Saxena A, Singh D V, Joshi N L. Autotoxic effects of pearl millet aqueous extracts on seed germination and seedling growth [J]. *Journal of Arid Environments*, 1996, 33(2): 255-260
- [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] 柳均, 周冀衡, 邓小刚, 等. 烟草残体腐解物的化感潜力[J] . 湖南农业大学学报: 自然科学版, 2010, 36(1): 26 – 29
Liu J, Zhou J H, Deng X G, et al. Allelopathic potential of decomposing material of tobacco residues [J] . Journal of Hunan Agricultural University: Natural Sciences, 2010, 36(1): 26 – 29 (in Chinese)

[20] 苏彩霞. 番茄、茄子的根茬浸提液和腐解液对茄果类作物生长及其病害发生的影响[D] . 扬州: 扬州大学, 2004
Su C X. Effects of extract and decomposed liquids from tomato and eggplant stubs on the growth and disease of the solanaceous vegetable crops [D] . Yangzhou: Yangzhou University, 2004 (in Chinese)

[21] 张晓玲, 潘振刚, 周晓锋, 等. 自毒作用与连作障碍[J] . 土壤通报, 2007, 38(4): 781 – 784
Zhang X L, Pan Z G, Zhou X F, et al. Autotoxicity and continuous cropping obstacles: A review [J] . Chinese Journal of Soil Science, 2007, 38(4): 781 – 784 (in Chinese)

[22] Johnson A W, Severson R F, Hudson J, et al. Tobacco leaf trichomes and their exudates [J] . Tobacco Science, 1985, 29: 67 – 72

[23] 李鹏飞, 周冀衡, 张建平, 等. 不同烤烟品种成熟过程中腺毛密度及叶面分泌物含量的变化[J] . 湖南农业大学学报: 自然科学版, 2008, 34(3): 293 – 297
Li P F, Zhou J H, Zhang J P, et al. Changes of trichome density and content of leaf surface secretion on different flue cured tobacco leaves during aging [J] . Journal of Hunan Agricultural University: Natural Sciences, 2008, 34(3): 293 – 297 (in Chinese) ◆