

12种林(果)粮间作树种枯落叶分解对玉米的化感效应

田楠¹, 刘增文^{2,3*}, 时腾飞²

(1.西北农林科技大学林学院, 陕西 杨凌 712100; 2.西北农林科技大学资源环境学院, 陕西 杨凌 712100; 3.农业部西北植物营养与农业环境重点实验室, 陕西 杨凌 712100)

摘要:采用经混土分解 120 d 后的 12 种树种(杜仲、泡桐、杨树、元宝枫、柿树、桃树、花椒、核桃、杏树、枣树、苹果和梨树)枯落叶不同质量浓度水浸提液培养进行玉米种子萌发和幼苗生长试验,研究了林(果)粮间作树种对玉米的化感效应。结果表明,从各树种枯落叶分解浸提液对玉米种子萌发和幼苗生长的综合作用来看,杜仲、花椒和梨树枯落叶对玉米的综合化感效应在各浓度下均表现为抑制作用,而泡桐、杨树、元宝枫、核桃、柿树、桃树、杏树和枣树枯落叶均表现为低浓度促进高浓度抑制作用,苹果枯落叶浸提液在质量浓度 20 mg·mL⁻¹ 时促进了玉米种子发芽和幼苗生长。所以,在选择与玉米进行林(果)粮间作树种配置时,杜仲、花椒和梨树应尽量避免,而泡桐、杨树、元宝枫、核桃、柿树、桃树、杏树、枣树和苹果可以选择为间作树种,但不宜配置过密。

关键词:林(果)粮间作; 枯落叶分解; 玉米; 化感效应

中图分类号:S344.2 文献标志码:A 文章编号:1672-2043(2013)05-1000-09 doi:10.11654/jaes.2013.05.018

Allelopathic Effects of 12 Trees Leaf Litter Decomposition on Maize in Interplanting of Trees(Fruits) and Crops

TIAN Nan¹, LIU Zeng-wen^{2,3*}, SHI Teng-fei²

(1.College of Forestry, Northwest A&F University, Yangling 712100, China; 2.College of Natural Resources and Environment, Northwest A&F University, Yangling 712100, China; 3.Key Laboratory of Plant Nutrition and the Agri-environment in Northwest China, Ministry of Agriculture, Yangling 712100, China)

Abstract: In this study, an experiment of maize seed germination and seedling growth under treatment with water extracts from 12 different trees (*Eucommia ulmoides*, *Paulownia fortunei*, *Populus Canadensis*, *Acer truncatum*, *Diospyros kaki*, *Prunus persica*, *Zanthoxylum bungeanum*, *Juglans regia*, *Prunus armeniaca*, *Ziziphus jujube*, *Malus pumila* and *Pyrus bretschneideri*) leaf litters which mixed with soil and decomposed for 120 d was carried out. The germination ratio, speed index of germination, shoot height, root length, shoot dry weight, root dry weight, CAT activity, root activity and chlorophyll content were determined and the allelopathic effects of trees leaf litter on maize were detected. The results indicated that, according to comprehensive analysis of allelopathic effects as a whole, *Eucommia ulmoides*, *Zanthoxylum bungeanum* and *Pyrus bretschneideri* showed obvious inhibitory effects; *Paulownia fortunei*, *Populus Canadensis*, *Acer truncatum*, *Juglans regia*, *Diospyros kaki*, *Prunus persica*, *Prunus armeniaca* and *Ziziphus jujube* showed stimulation effect on seed germination and seedling growth at lower concentration, but inhibitory effect at higher concentration; *Malus pumila* could inhibit seed germination and seedling growth only at concentration 20 mg·mL⁻¹. Therefore, allelopathic effect of trees leaf litter on crops plays an important role and should be considered in constructing interplanting system of trees (fruits) and crops. When choosing trees (fruits) to interplant with maize, *Eucommia ulmoides*, *Zanthoxylum bungeanum* and *Pyrus bretschneideri* should be avoided, while *Paulownia fortunei*, *Populus Canadensis*, *Acer truncatum*, *Juglans regia*, *Diospyros kaki*, *Prunus persica*, *Prunus armeniaca*, *Ziziphus jujube* and *Malus pumila* could be chosen, but the interplanting density should not be too high.

Keywords: interplanting system of trees (fruits) and crops; leaf litters decomposition; maize; allelopathic effect

收稿日期:2012-10-16

基金项目:陕西省自然科学基金研究计划项目“陕西渭北地区农林复合系统物种选择原理——种间养分及生物化学关系研究”(2009JM3014);国家自然科学基金项目(31070630)

作者简介:田楠(1987—),女,甘肃陇南人,在读硕士生,研究方向为森林生态。E-mail:tiannan1218@163.com

*通信作者:刘增文 E-mail:zengwenliu2003@aliyun.com

化感作用^[1]是一种植物通过淋溶、挥发、残体分解和根系分泌等方式向环境中释放化学物质,从而对周围植物的生长和发育产生促进或是抑制的现象。在农业生态系统中,化感作用研究主要集中在作物间的化感作用和作物对杂草的作用,其中对大豆^[2]、水稻^[3]、小麦^[4-5]等作物的自毒作用,以及杂草防治方面的研究较为广泛^[6]。据研究估算,每年由于化感作用造成的世界农业的损失高达数十亿美元^[7]。因此无论是作物的单一种植,还是作物轮作、间作、覆盖、翻埋、重茬种植,都要考虑化感作用的影响^[8]。

农林复合是目前改善农田小气候环境、提高资源利用率、增加农田收益和促进生态农业发展及维持农业可持续发展的重要举措^[9],其中林(果)粮间作是最常见的农林复合模式。然而,如果树种选择和配置不合理,可能会由于化感作用导致作物生长受到抑制,经济效益降低。如 Batish 等^[10]研究表明,柠檬桉(*Eucalyptus citriodora*)挥发油能够抑制小麦、玉米、萝卜的发芽率;赵勇等^[11]利用泡桐(*Paulownia fortunei*)和杨树(*Populus canadensis*)叶水浸提液对小麦、玉米、大豆种子萌发的测定发现,浸提液浓度越高对受体植物种子萌发的化感抑制作用越强;渭北黄土区农林复合系统中李子(*Prunus salicina*)树对其下套种的辣椒、玉米、大豆、绿豆、红小豆的萌发率、幼苗苗高和根长均具有化感抑制效应^[12]。因此,实施间作时除了要考虑作物与林木果树对光、温、水、肥的竞争因素外,植物间的化感作用也是影响间作合理搭配布局的重要因素^[13]。同时,有研究表明土壤养分会影响芝麻、花生和田菁秸秆化感物质的活性和化感作用的发挥^[14];白三叶(*Trifolium repens*)植物残体腐解液具有化感作用且能够影响5种草坪草正常生长^[15]。

目前,关于林(果)粮间作中化感问题的研究大多是通过树木生活的或枯落叶的直接浸提液处理作物种子进行发芽和幼苗生长试验来进行的,该方法其实只能检测树叶未经分解而直接分泌的化感物质所产生的化感作用,然而事实上大部分化感物质是要通过枯落叶腐烂分解才逐步释放的,并要经过复杂的土壤转化过程,所以,通过采集枯落叶经过混土分解培养后,再以水浸提液处理种子进行发芽和幼苗生长试验,更能全面反映枯落叶所产生的化感效应。此外,与直接浸提枯落叶不同,枯落叶分解后产生的化学物质其实可分为具有积极富养作用的养分物质和消极有害的化感物质两大类,当富养作用大于化感作用时,综合表现为促进效应,反之则为抑制效应。

为此,本研究选取陕西关中地区常见林(果)粮间作树种中的12种林果树种为对象,采用其当年枯落叶经混土分解后的水浸提液进行玉米种子发芽和幼苗生长试验,研究枯落叶分解对玉米产生的化感效应,以期对农林复合系统的管理、林(果)粮间作树种的选择、合理间作制度的建立提供科学参考和理论依据。

1 材料与方法

1.1 样品采集与准备

在地处陕西关中平原、渭河北岸三级阶地和国家杨凌农业高新技术产业示范区北部的大寨乡,于秋末采集林粮间作树种杜仲(*Eucommia ulmoides*)、泡桐(*Paulownia fortunei*)、杨树(*Populus canadensis*)、元宝枫(*Acer truncatum*)及果粮间作树种柿树(*Diospyros kaki*)、桃树(*Prunus persica*)、花椒(*Zanthoxylum bungeanum*)、核桃(*Juglans regia*)、杏树(*Prunus amniaca*)、枣树(*Ziziphus jujube*)、苹果(*Malus pumila*)和梨树(*Pyrus bretschneideri*)等成年树木的当年枯落叶,经仔细挑拣(剔除病虫害叶及腐烂叶)、漂洗、晾干后粉碎过1 mm筛备用。同时采集当地典型农田土壤壤土为树木枯落叶分解介质,经清水反复漂洗土壤(目的在于消除土壤中原有各种养分和有机物质对试验结果的干扰)后,风干磨碎过2 mm土壤筛备用。

1.2 枯落叶分解培养

将准备好的各种枯落叶粉碎样与壤土按照1:8的干重比例充分混合,然后分别取3 kg混合样装入不透水塑料培养钵(钵口直径为18.5 cm,钵体高16.5 cm),每个处理3个重复。在每个培养钵中加一定量的蒸馏水,统一调节湿度为田间持水量的60%(预先测定田间持水量,计算应加水量)。用塑料薄膜(留2个通气孔)覆盖钵口并置于室温(20~25℃)下进行培养。在培养过程中,每隔3 d称量培养钵重量,根据失水情况补充水分,始终调节湿度不变。连续培养120 d,直到肉眼观察到绝大部分枯落叶分解为止。

1.3 浸提液的制备

将不同枯落叶分解样品(含土)分别与蒸馏水以9:25(W/V)的比例配制成质量浓度为40 mg·mL⁻¹(即相当于1 g纯枯落叶样品浸泡于25 mL蒸馏水)的浸提液母液,浸泡48 h,经离心过滤后装入棕色瓶中,冰箱4℃低温冷藏待用。试验时用蒸馏水将母液稀释成20、10 mg·mL⁻¹使用,蒸馏水作为对照。

1.4 玉米种子发芽及幼苗生长试验

采用培养皿滤纸法^[16]进行种子萌发试验。筛选颗

粒均匀饱满且大小一致、无虫蛀的玉米种子(东大2号),用5%的次氯酸钠消毒10 min,并用灭菌蒸馏水冲洗3次,于室温下用浸提液浸泡4~5 h后备用。量取不同浓度的浸提液各6 mL,分别加入铺有3层滤纸的培养皿(口径12 cm),然后将处理后的25粒供试种子均匀地摆放于发芽床上,每天补充浸提液1~5 mL,对照用无菌蒸馏水。每个处理4次重复。培养皿置于26℃、12 h光照的人工气候培养箱内。每24 h记录一次发芽种子数(以胚根突破种皮1~2 mm为发芽标准),记录数据并计算相关指数:

发芽率(%)=(发芽终期全部正常发芽的种子/供试种子数)×100

发芽速度指数 $I=2(5X_1+4X_2+3X_3+2X_4+X_5)$

X_i 指每隔24 h发芽的种子数,即 X_1 为第1 d的发芽数, X_2 为第2 d的发芽数,依次类推^[17]。

培养7 d后,每个培养皿随机取10株幼苗测量其苗高和根长,再经105℃杀青30 min后于75℃下烘至恒重得地上干重和根干重。根系活力采用氯化三苯基四氮唑(TTC)法测定,叶绿素含量采用体积分数95%乙醇提取法测定,过氧化氢酶活性采用高锰酸钾滴定法^[18]测定。

1.5 数据统计分析

实验数据采用SPSS软件进行单因素方差分析,用LSD多重比较法进行差异显著性分析($\alpha=0.05$)。参照Williamson^[17]的方法计算化感效应指数

$$RI=(T-C)/C$$

其中 T 为处理值, C 为对照值。当 $RI>0$ 时表示存在促进作用,当 $RI<0$ 时表示存在抑制作用,其绝对值大小与作用强度一致,即 RI 的绝对值越大,其化感效应越强。

采用主成分分析法^[19]分析不同树种枯落叶对玉米的综合化感效应,应用SPSS软件进行各树种枯落叶对玉米各项实测指标 RI 值的主成分分析,得出综合主成分表达式和主成分值(F)。当 $F>0$ 时,认为树木枯落叶对玉米的综合化感效应表现为促进,反之则综合表现为抑制。

2 结果与分析

2.1 树木枯落叶对玉米种子萌发和幼苗生长的影响

2.1.1 对玉米种子发芽率和发芽速度指数的影响

不同树种枯落叶经土壤分解后的水浸提液对玉米种子发芽率的影响如表1所示。泡桐、杨树、梨树、苹果和柿树在各浓度下均抑制了玉米种子的萌发,泡

桐和梨树在40 mg·mL⁻¹浓度时抑制作用达到显著水平($P<0.05$),分别较对照降低了7.6%和13.3%。杜仲、元宝枫、核桃、桃树、杏树和枣树在10 mg·mL⁻¹浓度下提高了玉米种子的发芽率,以核桃的促进作用最为显著($P<0.05$),较对照提高6.4%;随浓度升高,促进作用逐渐减弱并转为抑制作用,其中杜仲、桃树和杏树在40 mg·mL⁻¹浓度时抑制作用达到显著水平($P<0.05$),较对照降低7.1%、6.4%和9.0%。

玉米种子在不同树种不同浓度枯落叶浸提液处理后,发芽速度指数表现出明显差异(表1)。杜仲、泡桐、梨树和苹果在各浓度下均延迟了玉米种子的发芽时间,且在高浓度40 mg·mL⁻¹时,与对照差异显著,分别降低了9.4%、9.8%、20.2%和6.0%。柿树则在各浓度下均提高了发芽速度,缩短了发芽时间,但未达到显著水平。杨树、元宝枫、花椒、核桃、杏树和枣树对玉米种子发芽速度指数表现出明显的低浓度(10 mg·mL⁻¹)促进、高浓度(40 mg·mL⁻¹)抑制的现象,且花椒、核桃、桃树和枣树在高浓度时显著抑制($P<0.05$),核桃、桃树和杏树在低浓度时显著促进($P<0.05$)。

2.1.2 对玉米种子苗高和根长的影响

各树种枯落叶不同浓度浸提液对玉米幼苗苗高的影响总体上表现为积极的促进作用(表1)。除杨树、元宝枫、花椒和桃树表现出明显低浓度促进、高浓度抑制的作用外,其他树种各浓度均促进了玉米幼苗苗高的生长。杜仲和苹果对苗高的促进作用随浸提液浓度升高而增强,在40 mg·mL⁻¹浓度时达到显著水平($P<0.05$),较对照提高28.2%和39.0%;核桃、梨树和柿树对苗高的促进作用随浓度升高单调递减,其中核桃和柿树在10 mg·mL⁻¹浓度下与对照差异显著($P<0.05$),分别提高了36.6%和29.1%;泡桐、杏树和枣树对苗高作用最强烈的浓度为20 mg·mL⁻¹,其中泡桐和枣树在该浓度下与对照差异显著($P<0.05$),分别提高了23.4%和29.0%。

玉米幼苗根在不同树种不同浓度处理下呈现不同的生长趋势(表1)。不同浓度下,泡桐和花椒均抑制了幼苗根的生长,花椒在40 mg·mL⁻¹浓度时抑制作用最强,幼苗根长较对照降低10.0%,达到显著水平($P<0.05$);杏树和枣树促进了幼苗根的生长,同时,杏树在40 mg·mL⁻¹、枣树在10 mg·mL⁻¹浓度时促进作用最显著($P<0.05$),较对照分别提高了19.4%和21.7%。杨树、元宝枫、核桃、苹果和桃树则表现出典型的“低促高抑”的浓度效应,且与对照差异显著($P<0.05$)。

表 1 不同树木枯落叶分解水浸提液处理后玉米种子发芽和幼苗生长及生理指标

Table 1 Seed germination, seedling growth and physiological indices of maize under treatment with water extracts from decomposed leaf litters of different trees

树种 Species	质量浓度 Concentrations/ mg·mL ⁻¹	发芽率 Germination ratio/%	发芽速度指数 Speed index of germination/I	苗高 Shoot height/cm	根长 Root length/cm	地上干重 Shoot dry weight/ mg·plant ⁻¹	根干重 Root dry weight/ mg·plant ⁻¹	H ₂ O ₂ 酶活性 CAT activity/ mg·g ⁻¹ ·min ⁻¹	根系活力 Root activity/ mg·g ⁻¹ ·h ⁻¹	叶绿素含量 Chl content/ mg·g ⁻¹
杜仲 <i>E.u.</i>	0	91.25a	470a	6.94b	12.22a	27.76b	25.85a	3.27a	0.22a	1.86a
	10	92.00a	443bc	7.84ab	11.53a	28.20b	24.47ab	3.22a	0.17a	2.02a
	20	91.00ab	452ab	8.63a	12.31a	30.56a	23.37b	3.26a	0.16a	1.99a
	40	84.77b	426c	8.90a	11.71a	31.09a	25.60a	3.28a	0.16a	2.01a
泡桐 <i>P.f.</i>	0	91.25a	470a	6.94b	12.22a	27.76b	25.85b	3.27b	0.22b	1.86a
	10	88.02ab	446ab	8.22a	11.43a	29.78a	29.35a	3.33ab	0.30a	1.64b
	20	91.00a	455a	8.57a	11.85a	31.11a	29.93a	3.40a	0.25ab	1.64b
	40	84.34b	424b	7.90ab	11.53a	30.15a	28.85a	3.28b	0.23ab	1.64b
杨树 <i>P.c.</i>	0	91.25a	470a	6.94bc	12.22b	27.76b	25.85b	3.27a	0.22a	1.86b
	10	91.00a	481a	8.96a	13.50a	31.16a	29.47a	3.28a	0.15ab	2.33a
	20	88.98a	469a	8.69ab	13.69a	30.76a	28.20a	3.24a	0.14b	2.21a
	40	87.00a	460a	6.54c	11.87b	27.01b	26.26b	3.27a	0.11b	1.89b
元宝枫 <i>A.t.</i>	0	91.25a	470a	6.94b	12.22b	27.76b	25.85c	3.27a	0.22a	1.86a
	10	97.00a	479a	8.38ab	15.01a	30.54a	30.89a	3.33a	0.21a	1.94a
	20	94.00a	471a	9.22a	14.91a	28.89b	28.19b	3.33a	0.25a	1.84a
	40	89.00a	461a	6.68b	10.96c	25.99c	24.58c	3.24a	0.21a	1.80a
花椒 <i>Z.b.</i>	0	91.25a	470a	6.94a	12.22a	27.76b	25.85a	3.27a	0.22a	1.86a
	10	93.10a	471a	8.12a	11.67ab	28.26a	25.02a	3.10c	0.30a	1.88a
	20	89.96a	446ab	7.53a	11.12b	28.39a	25.04a	3.19b	0.25a	1.61b
	40	93.07a	442b	6.82a	11.01b	27.08b	23.19b	3.11bc	0.29a	1.64b
核桃 <i>J.r.</i>	0	91.25b	470bc	6.94b	12.22c	27.76c	25.85c	3.27b	0.22ab	1.86b
	10	97.10a	584a	9.48a	14.02a	31.94a	29.09a	3.45a	0.26a	1.86b
	20	93.75ab	482b	8.38a	13.10b	30.45ab	28.09ab	3.41a	0.20ab	2.12a
	40	89.71b	453c	8.20ab	12.21c	29.91b	27.11bc	3.49a	0.14b	1.68c
梨 <i>P.b.</i>	0	91.25a	470a	6.94a	12.22a	27.76a	25.85b	3.27a	0.22bc	1.86a
	10	88.06a	453ab	7.73a	12.29a	27.87a	27.52b	3.21a	0.31ab	1.87a
	20	84.15ab	437a	7.68a	11.39a	28.80a	27.81b	3.22a	0.32a	1.93a
	40	79.12b	375b	7.48a	12.22a	28.77a	30.03a	3.20a	0.20c	1.92a
苹果 <i>M.p.</i>	0	91.25a	470a	6.94b	12.22a	27.76c	25.85b	3.27b	0.22a	1.86b
	10	89.72a	457ab	8.42a	12.38a	29.22b	26.96b	3.38b	0.16ab	2.42a
	20	89.60a	463ab	9.07a	10.88b	30.13ab	29.18a	3.60a	0.15ab	2.25a
	40	86.30a	442b	9.65a	10.73b	31.10a	30.18a	3.53a	0.14b	2.27a
柿 <i>D.k.</i>	0	91.25a	470a	6.94b	12.22a	27.76c	25.85b	3.27a	0.22a	1.86b
	10	90.49a	492a	8.96a	12.22a	28.74bc	29.03a	3.27a	0.23a	1.95ab
	20	89.04a	475a	8.54ab	11.08ab	29.65b	27.73a	3.27a	0.21a	2.01ab
	40	87.03a	473a	7.47ab	10.69b	30.91a	24.85b	3.05b	0.21a	2.18a
桃 <i>P.p.</i>	0	91.25a	470b	6.94a	12.22b	27.76a	25.85b	3.27b	0.22a	1.86b
	10	92.91a	541a	7.15a	13.37a	26.83a	28.14a	3.34ab	0.21a	2.07a
	20	91.00a	543a	6.70a	13.08ab	26.95a	28.95a	3.36ab	0.25a	2.13a
	40	85.36b	404c	6.20a	10.92c	27.31a	27.99a	3.47a	0.18a	1.84b
杏 <i>P.a.</i>	0	91.25a	470b	6.94a	12.22b	27.76b	25.85a	3.27a	0.22a	1.86b
	10	92.00a	530a	7.93a	13.32b	29.74a	25.89a	3.29ab	0.22a	1.86b
	20	83.98b	466b	8.00a	13.38ab	29.75a	27.43a	3.33a	0.23a	1.94b
	40	83.00b	451b	7.82a	14.59a	31.19a	26.84a	3.19b	0.23a	2.27a

续表 1 不同树木枯落叶分解水浸提液处理后玉米种子发芽和幼苗生长及生理指标

Continued Table 1 Seed germination, seedling growth and physiological indices of maize under treatment with water extracts from decomposed leaf litters of different trees

树种 Species	质量浓度 Concentrations/ mg·mL ⁻¹	发芽率 Germination ratio/%	发芽速度指数 Speed index of germination/I	苗高 Shoot height/cm	根长 Root length/cm	地上干重 Shoot dry weight/ mg·plant ⁻¹	根干重 Root dry weight/ mg·plant ⁻¹	H ₂ O ₂ 酶活性 CAT activity/ mg·g ⁻¹ ·min ⁻¹	根系活力 Root activity/ mg·g ⁻¹ ·h ⁻¹	叶绿素含量 Chl content/ mg·g ⁻¹
枣 Z.j.	0	91.25a	470a	6.94b	12.22b	27.76c	25.85a	3.27a	0.22c	1.86b
	10	93.00a	478a	8.61a	14.88a	31.47b	26.57a	3.16a	0.35a	2.29a
	20	87.00a	436b	8.95a	14.58a	34.62a	26.65a	2.98b	0.30ab	2.21a
	40	89.00a	435b	8.75a	14.80a	33.67a	24.93a	2.78c	0.25bc	2.35a

注: E.u.: *Eucommia ulmoides*; P.f.: *Paulownia fortune*; P.c.: *Populus canadensis*; A.t.: *Acer truncatum*; Z.b.: *Zanthoxylum bungeanum*; J.r.: *Juglans regia*; P.b.: *Pyrus bretschneideri*; M.p.: *Malus pumila*; D.k.: *Diospyros kaki*; P.p.: *Prunus persica*; P.a.: *Prunus armeniaca*; Z.j.: *Ziziphus jujube*. 表中同一树种数据后的不同小写字母表示不同浓度浸提液间差异显著, $P < 0.05$ 。下同。

Note: Different letters express significant difference of the same tree between different concentrations at the 0.05 level. The same below.

2.1.3 对玉米幼苗地上干重和根干重的影响

除桃树外,不同树种不同浓度浸提液对玉米幼苗地上干重总体上以促进作用为主(表 1)。其中杜仲、苹果、柿树和杏树的促进作用与浓度正相关,且达到显著性差异水平($P < 0.05$);核桃的促进作用随浓度升高而降低,但各浓度仍与对照差异显著($P < 0.05$)。杨树、元宝枫和花椒表现出“低促高抑”的趋势,且杨树和元宝枫在 $10 \text{ mg} \cdot \text{mL}^{-1}$ 浓度时促进作用最显著($P < 0.05$),分别较对照提高了 12.3% 和 10.0%;元宝枫在 $40 \text{ mg} \cdot \text{mL}^{-1}$ 浓度时的抑制作用也达到显著性差异水平($P < 0.05$),较对照降低了 6.4%。

各树种不同浓度浸提液对玉米幼苗根干重的影响各异(表 1)。杜仲和花椒在各浓度下均表现出抑制作用,尤其杜仲在 $20 \text{ mg} \cdot \text{mL}^{-1}$ 、花椒在 $40 \text{ mg} \cdot \text{mL}^{-1}$ 浓度时与对照差异显著($P < 0.05$)。泡桐、杨树、核桃、梨树、苹果、桃树和杏树各浓度处理下的玉米幼苗根干重均高于对照,表现出促进作用;其中杨树和核桃的促进作用随浓度增大而降低,在 $10 \text{ mg} \cdot \text{mL}^{-1}$ 和 $20 \text{ mg} \cdot \text{mL}^{-1}$ 浓度时与对照差异显著($P < 0.05$);梨树和苹果的促进作用与浓度正相关,在 $40 \text{ mg} \cdot \text{mL}^{-1}$ 时促进作用最大且达到显著性差异水平,分别较对照提高 16.2% 和 16.7%。元宝枫、柿树和枣树在低浓度时促进、高浓度时抑制,其中元宝枫和柿树在 $10 \text{ mg} \cdot \text{mL}^{-1}$ 浓度时促进作用达到显著性水平($P < 0.05$),分别较对照提高了 19.5% 和 12.3%。

2.2 树木枯落叶对玉米幼苗生理特性的影响

2.2.1 对玉米幼苗过氧化氢酶(CAT)的影响

植物在代谢过程中产生的 H_2O_2 , 可以导致细胞进行破坏性的氧化作用,而植物体内的 CAT 与过氧化物酶(POD)则可以清除 H_2O_2 , 保护细胞免受羟自由

基(OH^-)毒害,是植物体内重要的活性氧清除系统之一^[20]。不同浸提液对玉米幼苗 CAT 活性的影响随着枯落叶种类和浸提液浓度不同而有明显差异(表 1)。各浓度的花椒、梨树和枣树浸提液均对玉米幼苗 CAT 活性起到抑制作用,其中花椒在各浓度下显著($P < 0.05$)低于对照,枣树在 $20 \text{ mg} \cdot \text{mL}^{-1}$ 和 $40 \text{ mg} \cdot \text{mL}^{-1}$ 浓度时与对照差异显著($P < 0.05$)。泡桐、核桃、苹果和桃树在各浓度下均提高了玉米幼苗 CAT 活性,其中核桃和桃树在 $40 \text{ mg} \cdot \text{mL}^{-1}$ 浓度时促进作用最明显($P < 0.05$),分别高于对照 6.7% 和 6.0%,而泡桐和苹果在 $20 \text{ mg} \cdot \text{mL}^{-1}$ 浓度时促进作用最显著($P < 0.05$),分别较对照提高了 3.9% 和 10.1%。杨树、元宝枫和杏树对玉米幼苗 CAT 活性表现出“低促高抑”的现象,且杏树在高浓度 $40 \text{ mg} \cdot \text{mL}^{-1}$ 时的抑制作用显著($P < 0.05$),较对照降低了 2.6%。与此相反,杜仲对玉米幼苗 CAT 活性的影响在低浓度时抑制、高浓度时促进,但均未达到显著性水平($P > 0.05$)。

2.2.2 对玉米幼苗根系活力的影响

根系不仅是作物的主要吸收器官,同时兼具物质的同化、转化和合成的重要任务,根系活力的强弱将直接影响到植物个体的生命活动^[21]。不同树种不同浓度浸提液对玉米幼苗根系活力的影响如表 1 所示。各浓度的杜仲、杨树和苹果浸提液均起到抑制作用,其中杨树和苹果在 $40 \text{ mg} \cdot \text{mL}^{-1}$ 时抑制作用最明显,根系活力分别低于对照 48.5% 和 38.5%,达到显著性差异水平($P < 0.05$)。泡桐、花椒、杏树和枣树各浓度浸提液均使幼苗根系活力增强,且泡桐和枣树在 $10 \text{ mg} \cdot \text{mL}^{-1}$ 浓度时分别较对照显著提高了 38.1% 和 59.5% ($P < 0.05$)。核桃、梨树和柿树呈现“低促高抑”的双重浓度效应。元宝枫和桃树在 $20 \text{ mg} \cdot \text{mL}^{-1}$ 浓度时对根

系活力起到促进作用,而在其他浓度下抑制,但均未达到显著性差异水平($P>0.05$)。

2.2.3 对玉米幼苗叶绿素含量的影响

叶绿素是植物吸收太阳光能进行光合作用的重要物质,其含量高低直接影响植株光合作用的强弱和植物的生长状态^[22]。各树种不同浓度浸提液对玉米幼苗叶片叶绿素含量的影响各异(表 1)。泡桐在各浓度下对玉米幼苗叶片叶绿素含量的抑制作用均很显著($P<0.05$)。杜仲、杨树、梨树、苹果、柿树、杏树和枣树各浓度浸提液均提高了玉米幼苗叶片叶绿素含量,其中杨树和苹果在 $10\text{ mg}\cdot\text{mL}^{-1}$ 浓度时的促进作用最强烈($P<0.05$),分别较对照提高了 25.3%和 30.0%;柿树、杏树和枣树在 $40\text{ mg}\cdot\text{mL}^{-1}$ 浓度时促进作用最显著($P<0.05$),分别较对照提高了 16.9%、22.2%和 26.0%。元宝枫、花椒、核桃和桃树在 $10\text{ mg}\cdot\text{mL}^{-1}$ 浓度时提高了幼苗叶片的叶绿素含量,在 $40\text{ mg}\cdot\text{mL}^{-1}$ 浓度时则起到了抑制作用。

2.3 树木枯落叶对玉米化感效应综合分析

由于树木枯落叶混土分解浸提液处理后对玉米种子发芽和幼苗生长的各项指标的影响方向(有的促进,有的抑制)和程度差异很大,对各指标进行孤立分析难以说明枯落叶分解对玉米整体影响的综合效应。所以,将不同树种枯落叶分解浸提液对玉米影响的 9 个指标化感效应指数 RI ,用 SPSS 17.0 软件进行主成分分析,提取出特征值大于 1 的主成分分别记为 F_1 ,同时得到主成分载荷矩阵,每一个载荷量表示主成分与对应变量的相关系数。用主成分载荷矩阵中的数据除以主成分相对应的特征值开平方根便得到主成分表达式中每个指标所对应的系数,即每个特征值所对应的特征向量 $A=(a_{ij})$ 。将特征向量与标准化后的初始数据相乘,就可以得到主成分表达式 $F=AX$,然后以每个主成分所对应的特征值占所提取主成分总的特征值之和的比例作为权重,得出综合主成分计算模型:

$$F=0.359F_1+0.262F_2+0.231F_3+0.144F_4$$

根据模型计算不同树种枯落叶在不同浓度下对玉米化感效应的综合主成分值 F (表 2),对比可以发

现,杜仲、花椒和梨树对玉米的综合化感效应应在各浓度下均表现为抑制作用($F<0$),其中花椒和梨树的抑制作用随浓度升高而增大。泡桐、杨树、元宝枫、核桃、柿树、桃树、杏树和枣树表现出典型的“低促高抑”现象,其中柿树和杏树在 $20\text{ mg}\cdot\text{mL}^{-1}$ 浓度时就呈现抑制作用,且随浓度升高抑制作用增大;在 $10\text{ mg}\cdot\text{mL}^{-1}$ 浓度时,促进作用($F>0$)最强烈的是核桃($F=2.291$),在 $40\text{ mg}\cdot\text{mL}^{-1}$ 浓度时,抑制作用最强烈的是梨树($F=-1.131$)。苹果在 $20\text{ mg}\cdot\text{mL}^{-1}$ 浓度时表现为促进作用,在 $10\text{ mg}\cdot\text{mL}^{-1}$ 和 $40\text{ mg}\cdot\text{mL}^{-1}$ 浓度时表现为抑制作用。

3 讨论

化感物质进入环境的方式主要有雨雾淋溶、茎叶挥发、根系分泌和残体分解^[23]。由于大部分化感物质要进入土壤并经土壤转化过程才对其他植物产生影响^[24],本试验与传统试验研究不同,将树木枯落叶粉碎混土分解后获得的浸提液处理种子进行培养,以便在更大程度上模拟自然条件下树木枯落叶对作物产生化感效应的实际情况。

本研究表明,不同树种枯落叶浸提液对玉米种子的发芽率与发芽速度指数的影响基本一致,绝大多数处理在降低发芽率的同时也延迟了种子的发芽时间。同时,相同树种相同浓度处理下,玉米种子的发芽速度指数比发芽率更加敏感,这说明发芽速度指数是衡量化感作用更好的指标^[10],且综合考虑发芽率和发芽速度指数更能准确、全面地反映化感作用对种子萌发的影响。12 种林(果)粮间作树种枯落叶对玉米种子的萌发在高浓度时基本上都呈现抑制作用,这与赵勇等^[11]利用水浸液的研究结果一致,说明枯落叶分解释放的化感物质妨碍了种子萌发的生理生化过程^[25],如降低了种子的吸水力^[26],抑制萌发所需的关键酶(如蛋白酶、蛋白水解酶、磷酸化酶、蔗糖酶和琥珀酸脱氢酶等)的活性^[27],提高了脱落酸、香豆素和某些酚类等萌发抑制物质的含量^[28]等。

一般认为,化感物质进入土壤后会发很大的变

表 2 不同树木枯落叶对玉米化感效应指数的综合主成分值

Table 2 Comprehensive principal component values of allelopathic effect indices of different trees leaf litters on maize

处理浓度/ $\text{mg}\cdot\text{mL}^{-1}$	杜仲 <i>E.u.</i>	泡桐 <i>P.f.</i>	杨树 <i>P.c.</i>	元宝枫 <i>A.t.</i>	花椒 <i>Z.b.</i>	核桃 <i>J.r.</i>	梨 <i>P.b.</i>	苹果 <i>M.p.</i>	柿 <i>D.k.</i>	桃 <i>P.p.</i>	杏 <i>P.a.</i>	枣 <i>Z.j.</i>
10	-0.623	0.159	0.530	1.408	-0.028	2.291	-0.128	-0.156	0.558	0.738	0.633	0.860
20	-0.392	0.569	0.129	1.084	-0.558	0.689	-0.553	0.237	-0.036	0.684	-0.172	0.029
40	-0.783	-0.531	-0.943	-0.868	-0.705	-0.022	-1.310	-0.032	-0.889	-1.123	-0.395	-0.352

化,土壤过程会影响化感物质的迁移并减弱其化感潜能^[29]。与前人^[30-32]研究结果不同,本研究中杜仲、梨树、柿树、苹果、桃树等树种枯落叶对幼苗苗高和地上干重均表现出一定的促进作用,这可能是由于土壤微生物的降解功能,使得枯落叶中的酚酸类化感物质(如阿魏酸和香豆酸等)不能累积到活性浓度^[33-34],故不能显示其化感作用^[6];此外,枯落叶分解产生的腐植酸可以吸附如咖啡酸、阿魏酸以及水杨酸等化感物质,降低了它们对作物的抑制作用^[35]。同时枯落叶的分解增加了土壤中的有机质,这些有机物质在分解过程中经微生物的作用,一部分被矿化,释放出速效养分,另一部分则转化为腐殖质^[36],导致较高的土壤养分从而利于植物生长^[14]。

李茜等^[37]研究发现,低浓度核桃叶水浸提液对白术(*Atractylodes macrocephala*)幼苗的生长(株高、地径、叶绿素含量)表现出低促高抑的双重质量浓度效应,与本研究中低浓度($10\text{ mg}\cdot\text{mL}^{-1}$ 和 $20\text{ mg}\cdot\text{mL}^{-1}$)核桃枯落叶浸提液对玉米幼苗的促进作用一致;在高浓度 $40\text{ mg}\cdot\text{mL}^{-1}$ 时,核桃枯落叶浸提液对玉米幼苗生长的促进作用明显减弱,但未表现出抑制作用,推测除了土壤微生物对试验结果的影响外,可能是与李茜等研究中供试浸提液高浓度($50\text{ mg}\cdot\text{mL}^{-1}$ 和 $100\text{ mg}\cdot\text{mL}^{-1}$)相比,本研究设计的最高浓度仍偏低的原因。

本研究表明,大多数树种枯落叶浸提液对玉米幼苗叶片CAT活性均有一定的促进作用,这是植物面对逆境时的自我保护措施,自身体内的CAT通过提高酶活力来抵御外源物质产生的胁迫^[38]。随着杏树和枣树枯落叶浸提液质量浓度的增加,玉米幼苗叶片CAT活性下降,这可能是由于两种枯落叶浸提液中多酚类化感物质的胁迫程度超过了玉米幼苗叶片的自我调节能力^[38],导致CAT活性受到抑制。玉米幼苗地上部分生长并未受到CAT活性降低的影响,推测可能是杏树和枣树枯落叶浸提液提高了玉米叶片叶绿素含量和光合作用速率,一定程度减弱了活性氧对植物的毒害,更确切的原因还需进一步研究。

植物间的化感作用十分复杂,不同供体不同质量浓度对同一受体的化感效应均有所不同,说明植物间的化感作用有很大的多样性和可变性。通过试验结果发现,枯落叶经土壤分解后对玉米种子发芽和幼苗生长不仅仅有化感抑制作用,也表现出某些促进作用。不论枯落叶分解产生的是消极有害的化感物质还是积极有益的养分物质,对作物的最后影响都是二者共同作用的结果。本研究仅初步检验了是否存在这种潜

在的化感现象,而为了进一步确定种间化感作用方式,还有待今后对化感物质进行分离鉴定并对其作用机理进行更深入的研究。此外,由于浸提液的获取方式不同,本研所得试验结果与直接用未分解枯落叶水浸提液的研究结果存在差异,说明经过混土分解对树木枯落叶化感物质的释放存在影响。

4 结论

从各树种枯落叶分解浸提液对玉米种子萌发和幼苗生长的综合作用来看,杜仲、花椒和梨树枯落叶分解浸提液对玉米的综合化感效应在各浓度下均表现为抑制作用,泡桐、杨树、元宝枫、核桃、柿树、桃树、杏树和枣树枯落叶浸提液表现出典型的低促高抑现象,苹果枯落叶浸提液在质量浓度 $20\text{ mg}\cdot\text{mL}^{-1}$ 时促进了玉米种子发芽和幼苗生长。该结果说明,在林(果)粮间作中,除了树冠遮阴、竞争水肥外,树木还会通过枯落叶腐解释放的化感物质影响作物生长,在农业生产实践中要予以充分考虑。在选择与玉米进行林(果)粮间作树种和配置时,杜仲、花椒和梨树应尽量避免,而泡桐、杨树、元宝枫、核桃、柿树、桃树、杏树、枣树和苹果可以选择为间作树种,但不宜配置过密。

参考文献:

- [1] Rice E L. Allelopathy: An overview[J]. *American Chemical Society*, 1987, 330:8-22.
- [2] 阎吉昌, 张 奕, 韩丽梅. 连作大豆化感作用研究 [J]. *大豆科学*, 2002, 21(3):214-217.
YAN Ji-chang, ZHANG Yi, HAN Li-mei. The review of continuous cropping soybean allelopathy[J]. *Soybean Science*, 2002, 21(3):214-217.
- [3] 王大力. 水稻化感作用研究综述[J]. *生态学报*, 1998, 18(3):104-112.
WANG Da-li. The review of rice allelopathy[J]. *Acta Ecologica Sinica*, 1998, 18(3):104-112.
- [4] Oueslati O. Allelopathy in two durum wheat (*Triticum durum* L.) varieties[J]. *Agriculture, ecosystems & environment*, 2003, 96(1):161-163.
- [5] Wu H, Haig T, Pratley J, et al. Allelochemicals in wheat (*Triticum aestivum* L.): Production and exudation of 2, 4-dihydroxy-7-methoxy-1, 4-benzoxazin-3-one[J]. *Journal of Chemical Ecology*, 2001, 27(8):1691-1700.
- [6] 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.
KONG Chui-hua, HU Fei. Plant allelopathy and its application[M]. Beijing: China Agricultural Press, 2001.
- [7] 彭少麟, 邵 华. 化感作用的研究意义及发展前景[J]. *应用生态学报*, 2001, 12(5):780-786.
PENG Shao-lin, SHAO Hua. Research significance and foreground of

- allelopathy[J]. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2001, 12(5):780-786.
- [8] Miller D A. Allelopathy in forage crop systems[J]. *Agronomy Journal*, 1996, 88(6):854-859.
- [9] 彭晓邦, 张硕新. 商洛低山丘陵区农林复合生态系统光能竞争与生产力[J]. *生态学报*, 2012, 32(9):2691-2698.
- PENG Xiao-bang, ZHANG Shuo-xin. Competition for light and crop productivity in an agro-forestry system in the Hilly Region, Shangluo, China[J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2012, 32(9):2691-2698.
- [10] Batish D R, Setia N, Singh H, et al. Phytotoxicity of lemon-scented eucalypt oil and its potential use as a bioherbicide[J]. *Crop Protection*, 2004, 23(12):1209-1214.
- [11] 赵勇, 陈桢, 王科举, 等. 泡桐、杨树叶水浸液对作物种子萌发的化感作用[J]. *农业工程学报*, 2010, 26(S1):400-405.
- ZHAO Yong, CHEN Zhen, WANG Ke-ju, et al. Allelopathy of paulownia and poplar leaves aqueous extracts on crop seed germination[J]. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*, 2010, 26(S1):400-405.
- [12] 沈平, 彭晓邦, 仲崇高, 等. 李子叶水浸液对5种作物的化感效应[J]. *西北林学院学报*, 2009, 24(4):151-155.
- SHEN Ping, PENG Xiao-bang, ZHONG Chong-gao, et al. Allelopathy effects of water extracts of *Prunus salicina* cotyledon on five crops[J]. *Journal of Northwest Forestry University*, 2009, 24(4):151-155.
- [13] 陈欣, 唐建军. 植物他感作用及其生态学意义[J]. *农业现代化研究*, 1988(1):20-22.
- CHEN Xin, TANG Jian-jun. Allelopathy and its ecological significance[J]. *Research of Agricultural Modernization*, 1988(1):20-22.
- [14] 秦俊豪, 贺鸿志, 黎华寿, 等. 芝麻、花生和田菁秸秆还田的化感效应研究[J]. *农业环境科学学报*, 2012, 31(10):1941-1947.
- QIN Jun-hao, HE Hong-zhi, LI Hua-shou, et al. Allelopathic effect of returning plant residue to field from sesame, peanut and sesbania[J]. *Journal of Agro-Environment Science*, 2012, 31(10):1941-1947.
- [15] 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 Jing, CHENG Zhi-hui, XU Peng, et al. Allelopathy of *Trifolium repens* decomposed liquids on turfgrasses[J]. *Acta Agrestia Sinica*, 2011, 19(2):257-263, 287.
- [16] 曾任森. 化感作用研究中的生物测定方法综述[J]. *应用生态学报*, 1999, 10(1):125-128.
- ZENG Ren-sen. Review on bioassay methods for allelopathy research[J]. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 1999, 10(1):125-128.
- [17] Williamson G B, Richardson D. Bioassays for allelopathy: Measuring treatment responses with independent controls[J]. *Journal of Chemical Ecology*, 1988, 14(1):181-187.
- [18] 孙群, 胡景江. 植物生理学研究技术[M]. 杨凌: 西北农林科技大学出版社, 2006.
- SUN Qun, HU Jing-jiang. Research technology of plant physiology[M]. Yangling Shaanxi: Northwest A&F University Press Co., 2006.
- [19] 李小胜, 陈珍珍. 如何正确应用SPSS软件做主成分分析[J]. *统计研究*, 2010, 27(8):105-108.
- LI Xiao-sheng, CHEN Zhen-zhen. Correctly using SPSS software for principal components analysis[J]. *Statistical Research*, 2010, 27(8):105-108.
- [20] 陈向明, 马云飞. 山核桃外果皮黄酮提取液对小麦和绿豆幼苗的化感效应[J]. *西北植物学报*, 2010, 30(4):827-831.
- CHEN Xiang-ming, MA Yun-fei. Allelopathy of flavonoid extract from *Carya cathayensis* exocarp on wheat and mung bean seedlings[J]. *Acta Botanica Boreali-Occidentalia Sinica*, 2010, 30(4):827-831.
- [21] 周广生, 梅方竹, 陈艳华. 冬小麦根系活力与产量性状关系的研究[J]. *华中农业大学学报*, 2001, 20(6):531-534.
- ZHOU Guang-sheng, MEI Fang-zhu, CHEN Yan-hua. Studies on relations between root vigor of winter wheat and its yield characters[J]. *Journal of Huazhong Agricultural*, 2001, 20(6):531-534.
- [22] 朱延姝, 张福珍, 樊金娟, 等. 玉米幼苗不同叶位叶片叶绿素含量和荧光参数特性研究[J]. *西南农业学报*, 2012, 25(2):412-415.
- ZHU Yan-shu, ZHANG Fu-zhen, FAN Jin-juan, et al. Chlorophyll content and fluorescence parameters of different position leaves in maize seedlings[J]. *Southwest China Journal of Agricultural Sciences*, 2012, 25(2):412-415.
- [23] 胡飞, 孔垂华. 花生对作物的化感作用[J]. *华南农业大学学报*, 2002, 23(1):9-12.
- HU Fei, KONG Chui-hua. Allelopathic potentials of arachis hypogaea on crops[J]. *Journal of South China Agricultural University*, 2002, 23(1):9-12.
- [24] Cayuela M L, Mondini C, Sánchez-Monedero M A, et al. Chemical properties and hydrolytic enzyme activities for the characterization of two-phase olive mill wastes composting[J]. *Bioresource Technology*, 2008, 99(10):4255-4262.
- [25] Weir T L, Park S W, Vivanco J M. Biochemical and physiological mechanisms mediated by allelochemicals[J]. *Current Opinion in Plant Biology*, 2004, 7(4):472-479.
- [26] Turk M, Tawaha A. Allelopathic effect of black mustard (*Brassica nigra* L.) on germination and growth of wild oat (*Avena fatua* L.)[J]. *Crop Protection*, 2003, 22(4):673-677.
- [27] Einhellig F A. Allelopathy: Current status and future goals//Inderjit Dakshini K M M, Einhellig F A. eds. Allelopathy: Organisms, Processes, and Applications[J]. *American Chemical Society Symposium Series*, ACS, Washington DC, 1995, 58:1-24.
- [28] 杨广超, 吕卫光, 朱静, 等. 西瓜根、茎、叶水浸提液对西瓜种子萌发及幼苗中酶活性的影响[J]. *西北农业学报*, 2005, 14(1):46-51.
- YANG Guang-chao, LÜ Wei-guang, ZHU Jing, et al. Effects of water abstracts of watermelon's root, stem and leaf on seed germination and enzyme activities of seedlings[J]. *Acta Agriculturae Boreali-occidentalis Sinica*, 2005, 14(1):46-51.
- [29] Cheng H H. A conceptual framework for assessing allelochemicals in soil environment//Rizvi S J H, Rizvi V. eds. Allelopathy: Basic and applied aspects[M]. London: Chapman and Hall, 1992:21-29.
- [30] 迟铭, 刘增文. 杜仲叶水提取物对几种农作物的化感作用[J]. *西北农业学报*, 2011, 20(6):168-173.
- CHI Ming, LIU Zeng-wen. Allelopathy of *Eucommia ulmoides* Oliver leaf aqueous extracts on other crops[J]. *Acta Agriculturae Boreali-occidentalis Sinica*, 2011, 20(6):168-173.

- [31] 夏晓娟, 马永清. 不同年份早酥梨叶片浸提液对几种套作蔬菜的影响[J]. 北方园艺, 2009(10):38-40.
- XIA Xiao-juan, MA Yong-qing. A study on the allelopathic effect of extracts from leaves of Zaosu pear on some intercropping vegetables[J]. *Northern Horticulture*, 2009(10):38-40.
- [32] 原慧芳, 武绍波. 柿树化感作用的初步研究 [J]. 西南园艺, 2006, 34(6):1-3, 8.
- YUAN Hui-fang, WU Shao-bo. Preliminary study on allelopathy of persimmon (*Diospyro kaki*) [J]. *Southwest Horticulture*, 2006, 34(6):1-3, 8.
- [33] Yenish J P, Worsham A D, Chilton W S. Disappearance of DIBOA-glucoside, DIBOA, and BOA from rye (*Secale cereale* L.) cover crop residu[J]. *Weed Science*, 1995, 43:18-20.
- [34] Blum U. Effects of microbial utilization of phenolic acids and their phenolic acid breakdown products on allelopathic interactions[J]. *Journal of Chemical Ecology*, 1998, 24(4):685-708.
- [35] Loffredo E, Monaci L, Senesi N. Humic substances can modulate the allelopathic potential of caffeic, ferulic, and salicylic acids for seedlings of lettuce (*Lactuca sativa* L.) and tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) [J]. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2005, 53(24):9424-9430.
- [36] Cayuela M, Mondini C, Sánchez-Monedero M, et al. Chemical properties and hydrolytic enzyme activities for the characterisation of two-phase olive mill wastes composting[J]. *Bioresource Technology*, 2008, 99(10):4255-4262.
- [37] 李茜, 蔡靖, 姜在民, 等. 核桃叶水浸提液对白术幼苗生长及光合作用的化感效应[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版), 2011, 39(4):89-94.
- LI Qian, CAI Jing, JIANG Zai-min, et al. Allelopathic effects of walnut leaves extracts on growth and photosynthesis of *Atractylodes macrocephala* seedlings[J]. *Journal of Northwest A&F University (Nat Sci Ed)*, 2011, 39(4):89-94.
- [38] 王硕, 慕小倩, 杨超, 等. 黄芩浸提液对小麦幼苗的化感作用及其机理研究[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版), 2006, 34(6):106-110.
- WANG Shuo, MU Xiao-qian, YANG Chao, et al. Allelopathy and its mechanism of extract solution of *Artemisia annua* L. on wheat [J]. *Journal of Northwest A&F University (Nat Sci Ed)*, 2006, 34(6):106-110.

《农业环境科学学报》召开第五届编委会会议

《农业环境科学学报》第五届编辑委员会会议于2013年4月19日在江苏省南京市钟山宾馆召开, 本次会议的主题是“在国际化背景下如何办好期刊”。编委会主任任天志, 副主编周启星、党志等来自全国各地的27位编委出席了本次会议。编辑部主任李无双就学报近两年的发展情况及下一步的工作计划向各位编委作了报告。报告从稿源、作者群、读者群、学报近几年的计量指标及为行业搭建学术交流平台等方面去分析发展状况; 探讨了稳妥处理稿源与发文量、发文量与评价指标、影响力与人才培养、发文量与审稿效益、加强选题组稿、加强审稿人队伍建设、编辑人才培养等方面的策略。学报在主办单位、编委会和编辑部的共同努力下, 在本学科内的影响力不断扩大。各位编委根据学报的发展状况, 围绕会议主题进行了热烈的讨论, 提出了很好的意见与建议。

本次编委会的召开, 进一步加强了编辑部与编委间的沟通与合作, 为《农业环境科学学报》迈上一个新的台阶奠定了基础。

(《农业环境科学学报》编辑部供稿)