

核桃根系提取物对3种植物种子萌发和幼苗生长的化感作用

晏婷 翟梅枝 王元 郝飞

西北农林科技大学林学院, 杨凌 712100

摘要 以核桃根系提取物对小麦(*Triticum aestivum* L.)、白菜(*Brassica campestris* L.)和绿豆(*Phaseolus radiatus* L.)3种受体种子萌发和幼苗生长的化感综合效应(synthesis effect, SE)为指标,确定核桃根系提取物最佳提取溶剂,并考察95%乙醇提取物不同萃取相的化感作用。结果表明:核桃根系95%乙醇提取物对3种受体的抑制作用最强(SE=-0.559);供试质量浓度为40 mg/mL时,95%乙醇提取物不同萃取相对3种植物受体根长的抑制作用大于对苗高的抑制作用,其中乙酸乙酯萃取相的化感综合效应最强(SE=-0.571),对小麦、白菜根长和苗高的抑制率均达到60%以上,白菜种子最敏感。不同质量浓度乙酸乙酯萃取物对3种受体的化感作用强度不同,随萃取物质量浓度增加,小麦根长、苗高和相对含水量与对照相比均显著降低;白菜和绿豆的各指标表现出在低质量浓度时促进生长而高质量浓度时抑制生长的作用效果。

关键词 核桃;根系提取物;种子萌发;幼苗生长;化感作用

中图分类号 Q 946.8 **文献标识码** A **文章编号** 1000-2421(2012)06-0713-07

植物化感物质是在植物的生长发育过程中,通过茎叶挥发、淋溶、根系分泌以及植物残体腐解等4种途径释放到自然环境中的次生代谢产物,也是植物之间争夺阳光、水分和营养资源的主要化学武器^[1-2]。植物间的化感作用是一种普遍的自然现象,是植物对环境适应的一种化学表现形式,对解释植物个体及种间的相互作用机制、植物群落组成和演替都具有重要的作用^[1-5],对合理安排轮作及间作、构建高效种植制度、提高资源利用效率具有重要的指导意义。通过对化感活性物质的提取、分离和鉴定,模拟其结构,可以开发出新型的无公害植物源除草剂^[6]和杀虫剂,减少化学农药的大量使用,保障农作物的高产、稳产^[7]和人、畜的安全^[3],同时降低杂草种群对除草剂的抗药性^[8]。

核桃(*Juglans regia* L.)是中国主要的经济林树种之一,分布广泛,资源丰富。研究发现,核桃青皮和叶的醇提液、水提液及各种萃取物对小麦、油菜、绿豆、黄芩、萝卜、莴苣等植物都有化感作用^[9-13]。目前,关于核桃根系对作物生长影响的报

道甚少。本文通过种子萌发和幼苗生长试验考察不同核桃根系提取物的化感活性,并对95%乙醇提取物不同萃取相的化感作用进行研究,旨在寻找高活性萃取相,为进一步分离、纯化核桃根系中的化感活性物质以及进一步开发除草剂奠定基础。

1 材料与方法

1.1 材料

1)供试植物材料。3年生核桃幼树的根系(直径为0.3~1.0 cm),于2011年3月采自西北农林科技大学林学院苗圃,洗净、风干、剪断、粉碎后,过孔径420 μm筛,封于塑料袋中备用。

2)受体材料。小麦(*Triticum aestivum* L.,小偃22)、白菜(*Brassica campestris* L.,西星丰抗90)、绿豆(*Phaseolus radiatus* L.,秦豆6号),均购于陕西杨凌农科大农城种业科技中心。挑选颗粒饱满的种子,先用0.3%KMnO₄溶液浸泡10 min,再用蒸馏水冲洗至紫红色完全褪去,冷藏待用。

3)仪器与试剂。RQH-350型程控人工气候箱,

收稿日期:2011-12-12

基金项目:国家自然科学基金项目(30972315)

晏婷,硕士研究生。研究方向:植物化学和天然产物化学研究。E-mail: yanting-1219@163.com

通讯作者:翟梅枝,博士,教授。研究方向:林源植物副产品活性成分药用研究。E-mail: plum-zhai@163.com

上海精宏实验设备有限公司生产;R-201 型旋转蒸发器,上海申生科技有限公司生产。甲醇、95%乙醇、正丁醇、丙酮、乙酸乙酯、氯仿、石油醚(60~90℃)等有机溶剂均为天津博迪化工股份有限公司生产,分析纯。

1.2 试验方法

1) 供试液制备。①根系不同溶剂提取物制备。称取一定量核桃根粗粉,分别用水、甲醇、95%乙醇、丙酮、乙酸乙酯、氯仿、石油醚(60~90℃)室温浸提3次,每次24h,过滤,合并滤液,减压浓缩得浸膏,再用丙酮与水按体积比1:1溶解,定容为40mg/mL供试液。②醇提物不同萃取相及萃余水相供试液制备。称取一定量核桃根粗粉,用95%乙醇(料液质量比1:5)室温提取3次(3d/2d/2d),合并浸提液,50℃以下减压浓缩得浸膏。浸膏水分散后依次用石油醚、乙酸乙酯和正丁醇萃取,浓缩各萃取液得相应萃取相,用相应溶剂将各萃取相及萃余水相配成质量浓度为40mg/mL供试液。③不同质量浓度乙酸乙酯萃取物制备。用丙酮将乙酸乙酯萃取物配成5、10、20、40、60、80mg/mL供试液,于冰箱中4℃保存备用。

2) 化感活性测定。①种子萌发。参照徐冉等^[14]、吴文君^[15]的方法。在9cm培养皿中铺2层滤纸,分别准确加入1mL供试液,对照加入相应溶剂1mL,待溶剂挥发干后,加蒸馏水5mL,再将用KMnO₄处理过的受体种子(小麦16粒,白菜25粒,绿豆16粒)均匀排列于滤纸上,置于温度为25℃、湿度为80%的人工气候箱中培养,每天光照12h,及时补充等量蒸馏水,每24h统计发芽数,以胚根或胚轴突破种皮1~2mm为发芽标准^[16],4~5d(绿豆和白菜4d,小麦5d)后统计,每处理3次重复。②幼苗生长。将处理过的种子在蒸馏水中浸泡2h,充分吸胀后置于25℃气候箱中统一催芽。在铺有滤纸的培养皿中,分别加入1mL供试液,对照加入相应溶剂1mL,待溶剂挥发干后,加蒸馏水5mL,挑选露白基本一致的种子在滤纸上摆放整齐,置于25℃人工气候箱中培养,每天光照12h,每处理3次重复。幼苗生长7d后,分别测量根长(最长根)、苗高及整株鲜质量(FW)。将幼苗置于105℃的烘箱中杀青15~20min,然后降温到70~80℃,直至幼苗烘干至恒质量,称干质量(DW)并记录。

1.3 数据处理

参照 Williamson^[17]的方法计算化感效应指数: $RI=1-C/T$ (当 $T \geq C$ 时)或 $RI=T/C-1$ (当 $T < C$ 时),其中 T 为处理值, C 为对照值。RI 绝对值的大小与作用强度一致, $RI > 0$ 表现为促进作用, $RI < 0$ 表现为抑制作用。由于试验涉及3种受体的种子萌发和幼苗生长2个阶段,测定种子萌发数、根长和苗高3项指标,各指标RI值不同,很难全面和定量的评价化感作用,故将供体对3种受体种子萌发数、根长和苗高的RI求算术平均值,所得结果用SE表示, $SE > 0$ 为促进作用, $SE < 0$ 为抑制作用,SE绝对值的大小与化感作用强度一致。用SE比较不同溶剂提取物(或不同醇提物萃取物)对受体种子萌发和幼苗生长的综合化感作用^[18-19]。发芽指数 $G_i = \sum (G_t/D_t)$, 其中 G_t 为在 t 日内的发芽数, D_t 为相应的发芽日数^[20]。相对含水量 $LWC = (FW - DW) / FW \times 100\%$ 。

采用 SPSS PASW Statistics 18.0 进行方差分析,采用 Duncan 新复极差多重比较法进行差异显著性分析。

2 结果与分析

2.1 根系不同溶剂提取物对3种受体种子萌发和幼苗生长的影响

由表1可知,供试质量浓度为40mg/mL时,核桃根系不同溶剂提取物对3种受体的不同部位有不同的化感作用,对3种受体的化感综合效应皆表现为抑制作用,抑制作用为95%乙醇提取物>甲醇提取物>氯仿提取物>乙酸乙酯提取物>水提取物>丙酮提取物>石油醚提取物。95%乙醇提取物对3种受体的抑制作用最强($SE = -0.559$),对根生长的抑制作用大于对苗生长的抑制作用。对不同受体来说,白菜种子最敏感,各溶剂提取物对其根长和苗高的抑制作用均强于对小麦、绿豆的抑制作用,95%乙醇提取物、丙酮提取物和乙酸乙酯提取物对白菜种子萌发的抑制率均高于80%;除石油醚提取物外,各溶剂提取物对小麦根长和苗高的抑制作用强于对绿豆的抑制作用。核桃根系95%乙醇提取物对小麦、白菜、绿豆种子萌发和幼苗生长的化感作用最强,推测根系95%乙醇提取物中含有较多的化感活性物质,因此,选择95%乙醇作为提取溶剂。

表 1 核桃根系不同溶剂提取物对 3 种受体种子萌发和幼苗生长的影响(RI)¹⁾

Table 1 Effects of different solvent extracts of walnut root on seed germination and seedling growth of three acceptors (RI)

溶剂 Solvent	小麦 Wheat			白菜 Cabbage			绿豆 Mung bean			综合效应 SE
	萌发 Germination	根长 Root length	苗高 Seedling height	萌发 Germination	根长 Root length	苗高 Seedling height	萌发 Germination	根长 Root length	苗高 Seedling height	
水 Water	-0.483 e	-0.380 bc	-0.104 a	-0.089 b	0.751 b	-0.632 b	-0.032 b	-0.171 bc	-0.089 b	-0.303
甲醇 Methanol	-0.310 de	-0.793 d	-0.570 bc	-0.244 c	-0.897 d	-0.682 b	0.000 a	-0.501 e	-0.243 d	-0.471
95%乙醇 95% ethanol	-0.069 c	-0.887 d	-0.674 c	-0.933 e	-0.910 d	-0.871 d	-0.097 d	-0.377 d	-0.212 cd	-0.559
丙酮 Acetone	0.033 a	-0.090 a	-0.167 a	-0.844 e	-0.874 cd	-0.729 c	-0.065 c	0.078 a	-0.004 a	-0.296
乙酸乙酯 Ethyl acetate	-0.034 b	-0.018 a	-0.424 b	-0.911 e	-0.888 d	-0.718 c	-0.161 f	-0.210 cd	-0.183 c	-0.394
氯仿 Chloroform	-0.069 c	-0.548 c	-0.610 c	-0.378 d	-0.880 cd	-0.624 b	-0.129 e	-0.144 b	-0.209 cd	-0.399
石油醚 Petroleum ether	0.065 a	-0.182 b	-0.134 a	0.022 a	-0.623 a	-0.471 a	-0.097 d	-0.148 b	-0.208 cd	-0.197

1)表中同一列不同的小写字母表示不同处理间的差异显著($P < 0.05$),下同。Different small letters in the same column meant significant difference among different treatment at 0.05 level. The same as follows.

2.2 不同萃取相及萃余水相对 3 种受体种子萌发和幼苗生长的影响

核桃根系 95%乙醇提取物经不同溶剂萃取后得到不同萃取相及萃余水相。由表 2 可知,在供试质量浓度为 40 mg/mL 时,各萃取相及萃余水相对 3 种受体根长的抑制作用均大于对苗高的抑制作用,对 3 种受体的综合化感效应为乙酸乙酯相 > 正丁醇相 > 石油醚相 > 萃余水相。乙酸乙酯相的化感作用最强(SE = -0.571),对 3 种受体种子萌发、根长和苗高均有抑制作用,对白菜种子萌发和根长的抑制作用大于对小麦、绿豆的抑制作用;对白菜、小

麦根长的抑制率均达到 90%以上,分别比对照降低 97.29%和 91.61%,对两者苗高的抑制率均高于 60%。正丁醇萃取物对白菜、小麦根长的抑制作用均高于 50%,其中白菜更敏感,根长抑制率达到 85.72%。石油醚萃取物对小麦、白菜、绿豆种子萌发和幼苗生长有不同程度的抑制或促进作用。萃余水相对小麦、白菜和绿豆种子萌发有微弱的抑制作用,但对这 3 种受体的苗高有一定的促进作用。根系 95%乙醇提取物乙酸乙酯萃取物对 3 种受体有很显著的抑制作用,推测根系 95%乙醇提取物中的化感活性物质主要存在于乙酸乙酯萃取相中。

表 2 不同萃取相及萃余水相对 3 种受体种子萌发和幼苗生长的影响(RI)

Table 2 Effects of extract phases and aqueous extract phase on seed germination and seedling growth of three acceptors (RI)

萃取相 Extract phase	小麦 Wheat			白菜 Cabbage			绿豆 Mung bean			综合效应 SE
	萌发 Germination	根长 Root length	苗高 Seedling height	萌发 Germination	根长 Root length	苗高 Seedling height	萌发 Germination	根长 Root length	苗高 Seedling height	
正丁醇 n-Butanol	-0.125 b	-0.537 b	-0.449 b	-0.060 a	-0.857 c	-0.491 b	-0.156 b	-0.196 b	-0.018 c	-0.321
乙酸乙酯 Ethyl acetate	-0.344 c	-0.916 c	-0.610 d	-0.760 c	-0.973 d	-0.604 bc	-0.406 c	-0.418 c	-0.109 d	-0.571
石油醚 Petroleum ether	-0.031 a	-0.830 bc	-0.504 c	-0.125 b	-0.080 b	0.857 a	0.031 a	-0.158 b	-0.080 b	-0.102
萃余水 Aqueous extract	-0.031 a	-0.112 a	0.179 a	-0.080 ab	0.054 a	0.802 a	-0.094 b	-0.086 a	0.074 a	0.078

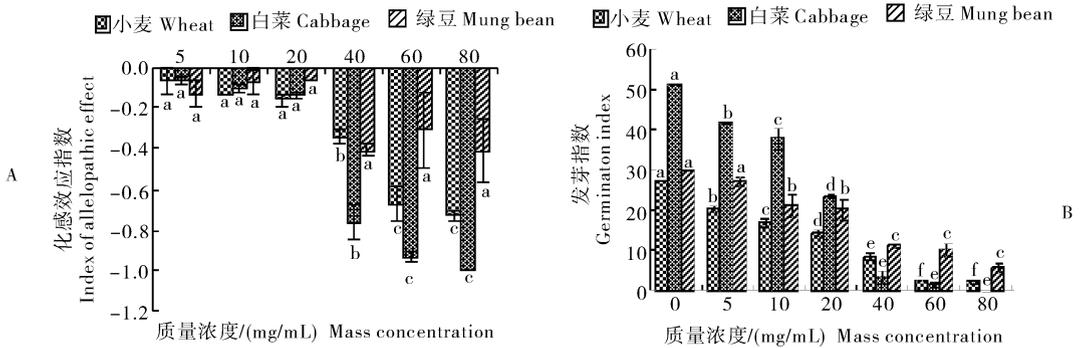
2.3 不同质量浓度乙酸乙酯萃取物对 3 种受体种子萌发和幼苗生长的影响

1)不同质量浓度乙酸乙酯萃取物对 3 种受体种子萌发的影响。将化感效应最强的乙酸乙酯萃取相

配成 6 个不同质量浓度,考察其对 3 种受体的化感作用。由图 1 可知,不同质量浓度乙酸乙酯萃取物对 3 种受体种子萌发均有一定的抑制作用。随着萃取物质量浓度增大,小麦、白菜的 RI 和发芽指数迅

速减小,说明萃取物质量浓度增大,萃取物所含化感活性物质增多,增强了萃取物对小麦、白菜种子萌发的延缓或抑制作用。由图 1-A 可知,3 种受体中,白菜种子对不同质量浓度萃取物的敏感性响应最强,质量浓度为 80 mg/mL 时,白菜的种子萌发抑制率达到 100%,小麦和绿豆分别为 73%和 41%。对绿豆种子而言,各处理间 RI 差异不显著。对白菜、小麦而言,低质量浓度(≤ 20 mg/mL)处理时,各处理间 RI 差异不显著,但它们与高质量浓度间 RI 差异

均显著;高质量浓度(≥ 40 mg/mL)处理时,除 60 mg/mL 与 80 mg/mL 处理间 RI 差异不显著外,其他处理间 RI 差异显著。由图 1-B 可知,各处理对白菜、小麦发芽指数的影响与对照间差异显著;白菜种子在 40 mg/mL 以上,小麦种子在 60 mg/mL 以上处理时,各处理间差异均不显著。绿豆的发芽指数随质量浓度增加而逐渐降低,除 5 mg/mL 处理外,其他处理与对照间差异显著。



图中数据为平均值±标准误,不同字母表示同一受体在不同质量浓度处理时差异显著($P < 0.05$)。Data in the figures are Mean ± Standard deviation of three replicates, different letters in the same graph meant significant difference of the same acceptor under different mass concentrations at 0.05 level.

图 1 不同质量浓度乙酸乙酯萃取物对受体种子化感效应指数(A)和发芽指数(B)的影响
Fig. 1 Effects of different mass concentration of ethyl acetate extracts on index of allelopathic effect(A) and germination index (B) of acceptors

表 3 不同质量浓度乙酸乙酯萃取物对 3 种受体幼苗生长的影响¹⁾

Table 3 Effects of different mass concentration of ethyl acetate extracts on seedling growth of three acceptors

质量浓度/ (mg/mL) Mass concentration	小麦 Wheat				白菜 Cabbage				绿豆 Mung bean			
	根长/cm Root length		苗高/cm Seedling height		根长/cm Root length		苗高/cm Seedling height		根长/cm Root length		苗高/cm Seedling height	
	测量值 Measured value	RI										
0(CK)	9.31 a	/	7.27 a	/	5.65 a	/	0.85 b	/	5.82 b	/	4.94 abc	/
5	8.15 a	-0.12	6.73 a	-0.07	7.18 a	0.21	1.12 a	0.24	7.31 a	0.20	5.26 ab	0.06
10	5.19 b	-0.44	5.10 b	-0.30	6.94 a	0.19	1.29 a	0.34	7.19 a	0.19	5.61 a	0.12
20	2.94 c	-0.68	3.76 bc	-0.48	1.21 b	-0.79	0.87 b	0.02	6.68 ab	0.12	4.86 bc	-0.02
40	0.78 d	-0.92	2.84 cd	-0.61	0.15 b	-0.97	0.34 c	-0.60	3.39 c	-0.42	4.40 c	-0.11
60	0.18 d	-0.98	1.43 de	-0.80	0.11 b	-0.98	0.24 c	-0.72	2.01 d	-0.65	3.53 d	-0.29
80	0.22 d	-0.98	0.98 e	-0.87	0.00 b	-1.00	0.00 d	-1.00	1.58 d	-0.73	3.23 d	-0.35

1) RI:化感效应指数 Index of allelopathic effect;表中数据为不同处理的平均值;同列不同小写字母表示处理间差异显著($P < 0.05$)。The dates in the table are the mean value of different treatments, different small letters in the same column meant significant difference among treatments at 0.05 level.

2)不同质量浓度乙酸乙酯萃取物对 3 种受体幼苗生长的影响。由表 3 可知,萃取物质量浓度增大,对小麦根长和苗高的抑制作用逐渐增大,对根长的

抑制作用大于苗高。与对照相比,质量浓度 ≥ 10 mg/mL 的各处理使小麦的根长和苗高显著降低 ($P < 0.05$);质量浓度 ≥ 40 mg/mL 的各处理,使小

麦根长的 RI 均小于 -0.90, 抑制作用很强; 质量浓度 ≥ 60 mg/mL 的处理使小麦的苗高比对照降低了 80% 以上。萃取物质量浓度增大, 白菜根长和苗高呈先增加后降低的趋势, 对根长的抑制作用大于苗高。质量浓度为 80 mg/mL 时, 对白菜根长和苗高的抑制率达到 100%; 与对照相比, 低质量浓度 (< 20 mg/mL) 处理对白菜根长有微弱的促进作用, 差异不显著; 高质量浓度 (≥ 20 mg/mL) 处理对白菜根长的抑制作用显著增强 ($P < 0.05$); 质量浓度 ≥ 40 mg/mL 的各处理, 对白菜根长的抑制率均达到 90% 以上。质量浓度为 5 mg/mL 和 10 mg/mL 的处理对白菜和绿豆的根长、苗高有促进作用, 差异不显著; 20 mg/mL 的处理, 对白菜根长和绿豆苗高有抑制作用, 对白菜苗高和绿豆根长却有微弱的促进作用。除 20 mg/mL 处理外, 其他各质量浓度萃取物对白菜苗高和绿豆根长的抑制作用与对照间的差异显著 ($P < 0.05$)。质量浓度为 60 mg/mL 和 80 mg/mL 的处理, 对绿豆苗高的抑制作用与对照相比差异显著 ($P < 0.05$), 对根长的抑制率达到 60% 以上。

3) 不同质量浓度乙酸乙酯萃取物对 3 种受体幼苗相对含水量的影响。随萃取物质量浓度增大, 小麦的相对含水量迅速减小, 白菜和绿豆的相对含水量总体上呈先升高后降低的趋势, 绿豆的变化比较缓慢 (图 2)。小麦的相对含水量下降速度最快, 说明各质量浓度处理对小麦幼苗体内的水分含量产生了显著的影响 ($P < 0.05$)。与对照相比, 质量浓度为 80 mg/mL 时, 小麦相对含水量降低了 28.55%;

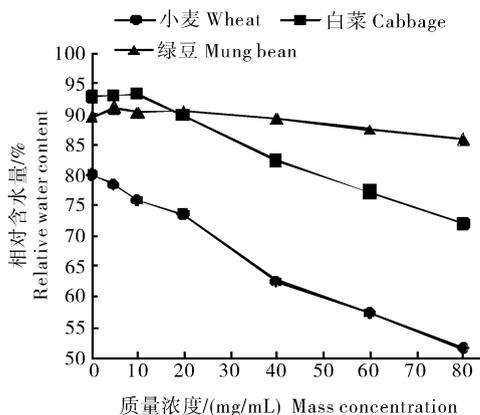


图 2 不同质量浓度乙酸乙酯萃取物对 3 种受体幼苗相对含水量的影响

Fig. 2 Effects of different mass concentration of ethyl acetate extracts on seedling relative water content of three accptors

质量浓度为 5 mg/mL 和 10 mg/mL 时, 白菜的相对含水量有微弱的增加; 质量浓度 > 10 mg/mL 的各处理, 使白菜相对含水量迅速下降; 质量浓度为 80 mg/mL 时, 白菜相对含水量降低了 20.66%。质量浓度为 5 mg/mL 时, 绿豆的相对含水量最高, 此处理在供试质量浓度范围内对绿豆根长和苗高的促进作用最好; 质量浓度在 10 mg/mL 以上时, 绿豆相对含水量逐渐减小, 幼苗生长受到抑制。

3 讨论

植物提取物中存在着复杂的混合物, 化感效应是多种混合物共同作用的结果。在供试质量浓度为 40 mg/mL 时, 核桃根系 95% 乙醇提取物不同萃取相及萃余水相对小麦、白菜、绿豆种子萌发和幼苗生长有不同程度的化感作用, 这是因为各萃取相及萃余水相所含的化感活性物质种类及数量不同, 其中, 乙酸乙酯萃取物的综合化感效应最强 ($SE = -0.571$), 对小麦、白菜根长和苗高的抑制率均达到 60% 以上, 说明醇提物乙酸乙酯萃取物中含有更多或活性更强且较稳定的化感物质。赵彩霞等^[9]发现核桃青皮乙醇提取物对黑麦、油菜、萝卜、红三叶、黄瓜、绿豆的幼根、幼苗生长有很好的抑制作用, 且乙酸乙酯萃取物的抑制效果显著; 孙墨琰等^[21]研究发现, 核桃楸外果皮醇提物乙酸乙酯萃取相对青菜、萝卜和紫花苜蓿有化感作用; 王婷^[10]发现核桃青皮水提液乙酸乙酯相在供试质量浓度为 0.05 g/mL 时, 对绿豆、萝卜、油菜及小麦幼苗生长的抑制作用强于石油醚相、正丁醇相, 这些都与本研究的结果相一致。

种子萌发是种子生命进程的开始, 是植物生长、繁衍的重要途径。在供试质量浓度为 40 mg/mL 时, 不同萃取物处理后, 受体种子萌发数减少, 发芽速度减慢, 说明各处理会延缓或抑制受体种子萌发。研究发现, 化感物质有选择性和专一性, 同一种化感物质, 对不同植物种子萌发的作用效果也不同^[22-23]。受体不同发育时期和不同生长部位对化感作用的敏感性不同, 化感效应也存在差异。Chon 等^[24]研究发现, 相对于地上部分, 根部对化感物质的反应更敏感。本研究发现, 不同处理的受体幼苗生长期比种子萌发期更敏感, 且不同处理对幼根生长的抑制作用大于对幼苗生长的抑制作用, 这是因为幼根和幼苗对外界刺激的敏感程度不同, 营养物质从植物根部向上供给, 根部与处理液直接接触, 最先受到处理

液的影响,导致根系更容易受到伤害,而地上部分的受害症状只有当根的受害作用积累到一定程度时才会表现出来。

研究发现,核桃青皮水提液乙酸乙酯相对绿豆、萝卜、油菜及小麦幼根生长的抑制作用均大于对幼芽生长的抑制作用^[10]。冷蒿茎叶水浸提液对草木樨、披碱草、冰草、克氏针茅等幼苗根长的化感效应比苗高的化感效应明显^[25-26]。

王璞等^[27]认为,化感物质生物活性的大小首先由化感物质的质量浓度决定。本研究发现,随乙酸乙酯萃取物质量浓度增加,对小麦幼根和苗高生长的抑制作用显著增加($P < 0.05$),但对白菜、绿豆的根长和苗高在低质量浓度时促进生长而在高质量浓度时抑制生长。通过寻找最低抑制质量浓度,可以制成植物生长调节剂用于农业生产。不同质量浓度的乙酸乙酯萃取物处理后,小麦的相对含水量迅速降低,白菜和绿豆的相对含水量先升高后降低,推测高质量浓度化感活性物质的积累作用导致植物体细胞内的保水力严重下降,从而抑制幼苗生长。

综上所述,核桃根系 95%乙醇提取物具有开发为植物源除草剂的潜力。我们仅对核桃根系 95%乙醇粗提物不同萃取相及萃余水相的化感活性进行了研究,核桃根系中化感活性物质的种类、化学成分及化感作用机理的研究尚在进行中,另外,核桃根系 95%乙醇提取物活性物质的安全性、毒理学、剂型研究、大田试验等都有待深入研究。

参 考 文 献

- [1] BAIS H P, VEPACHEDU R, GILROY S, et al. Allelopathy and exotic plant invasion: from molecules and genes to species interactions[J]. *Science*, 2003, 301(5638): 1377-1380.
- [2] RICE E L. Allelopathy[M]. 2nd edition. New York: Academic Press, 1984.
- [3] 阎秀峰, 王洋, 李一蒙. 植物次生代谢及其与环境的关系[J]. *生态学报*, 2007, 27(6): 2554-2562.
- [4] 李慧敏, 陈丽羽, 秦新民, 等. 紫茎泽兰对 6 种豆科植物的化感作用[J]. *湖北农业科学*, 2010(3): 1856-1858.
- [5] 闫兴富, 周立彪, 方苏, 等. 苦豆子对向日葵种子萌发的化感作用[J]. *湖北农业科学*, 2011(16): 3334-3337.
- [6] 周利娟, 黄继光, 孙永艳, 等. 29 种植物甲醇提取物除草活性的测定[J]. *华中农业大学学报*, 2011, 30(2): 200-205.
- [7] 李永夫, 罗安程. 植物源农药的研究和应用进展[J]. *科技通报*, 2003, 19(5): 434-438.
- [8] 王文琪, 王进军, 赵志模, 等. 紫茎泽兰入侵对弃耕荒地植物群落多样性的影响[J]. *华中农业大学学报*, 2010, 29(3): 300-305.
- [9] 赵彩霞, 翟梅枝, 王伟, 等. 核桃青皮的化感作用 I 次生物质对几种植物幼苗生长的影响[J]. *西北农业学报*, 2005, 14(6): 121-124.
- [10] 王婷. 核桃青皮化感活性及作用机理研究[D]. 杨凌: 西北农林科技大学林学院, 2008.
- [11] 胥耀平, 唐静成, 高锦明, 等. 核桃叶提取物化感作用的研究(I)[J]. *林产化学与工业*, 2003, 23(3): 45-48.
- [12] 刘亚敏, 胥耀平, 高锦明, 等. GC/MS 法分析核桃叶挥发油化学成分[J]. *西北植物学报*, 2004, 24(6): 1100-1102.
- [13] 潘丹. 核桃化感作用物对黄芩种子萌发和幼苗生长的影响研究[D]. 北京: 北京林业大学图书馆, 2007.
- [14] 徐冉, 续荣治, 王彩洁, 等. 用荞麦秸秆粉防除杂草的初步研究[J]. *植物保护*, 2002, 28(5): 24-26.
- [15] 吴文君. 植物化学保护实验技术导论[M]. 西安: 陕西科学技术出版社, 1988.
- [16] 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.
- [17] WILLIAMSON G B. Bioassays for allelopathy: measuring treatment responses with independent controls[J]. *Journal of Chemical Ecology*, 1988, 14(1): 181-187.
- [18] 曾任森, 骆世明. 三叶鬼针草水抽提物他感作用与降雨量的关系[J]. *华南农业大学学报*, 1995, 16(4): 69-72.
- [19] 马瑞君, 王明理, 赵坤, 等. 高寒草场优势杂草黄帚藜水浸液对牧草的化感作用[J]. *应用生态学报*, 2006, 17(5): 845-850.
- [20] 郑光华. 种子生理研究[M]. 北京: 科学出版社, 2004.
- [21] 孙墨珑, 宋洪谦, 方桂珍. 核桃楸外果皮提取物的化感作用及成分分析[J]. *林产化学与工业*, 2008, 28(3): 45-49.
- [22] INDERJIT. Experimental complexities in evaluating the allelopathic activities in laboratory bioassays: a case study[J]. *Soil Biology and Biochemistry*, 2006, 38(2): 256-262.
- [23] 孔垂华, 胡飞, 陈雄辉, 等. 作物化感品种资源的评价利用[J]. *中国农业科学*, 2002, 35(9): 1159-1164.
- [24] CHON S U, CHOIB S K, JUNG S. Effects of alfalfa leaf extracts and phenolic allelochemicals on early seedling growth and root morphology of alfalfa and barnyard grass[J]. *Crop Protection*, 2002, 21(10): 1077-1082.
- [25] 李雪枫, 王坚, 许文博, 等. 冷蒿对三种禾本科植物种子萌发和幼苗生长的化感作用[J]. *应用生态学报*, 2010, 21(7): 1702-1708.
- [26] 张汝民, 王玉芝, 侯平, 等. 几种牧草幼苗对冷蒿茎叶水浸提液化感作用的生理响应[J]. *生态学报*, 2010, 30(8): 2197-2204.
- [27] 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.

Allelopathic effects of root extracts from walnut on seed germination and seedling growth of three plant types

YAN Ting ZHAI Mei-zhi WANG Yuan HAO Fei

College of Forestry, Northwest A & F University, Yangling 712100, China

Abstract To determine the best extraction solvent of walnut roots, the allelopathic activities of root extracts from walnut were tested against wheat, cabbage and mung bean by the indicator of synthesis effect (SE) on seed germination and seedling growth. The allelopathy of different extraction phases from 95% ethanol extracts was also studied. The result showed that 95% ethanol extracts of walnut roots had the strongest inhibition on the seed germination and seedling growth of three acceptors ($SE = -0.559$). When the tested mass concentration was 40 mg/mL, the inhibited effect of different extracts from 95% ethanol extracts on root length of three acceptors was greater than it on seedling height, with the most significant integrated allelopathy of ethyl acetate extracts ($SE = -0.571$). The inhibition rate of root length and seedling height of wheat and cabbage was above 60%; cabbage is more sensitive than wheat and mung bean. Different mass concentration treatments of ethyl acetate extracts had different allelopathy intensity to three acceptors. As the increasing of mass concentration, root length, seedling height and relative water content of wheat were inhibited, significantly lower than control. The allelopathic effect on cabbage and mung bean presented dual effect; low mass concentration promotes growth, while high mass concentration inhibits growth.

Key words walnut; root extracts; seed germination; seedling growth; allelopathy

(责任编辑:陆文昌)