

木香薷水浸液对其种子萌发的自化感效应

周秀梅, 王玉杰, 李保印, 张建伟

(河南科技学院 园艺园林学院, 河南 新乡 453003)

摘要:以木香薷为试材,以自然风干常温保存6个月的木香薷茎、叶、花序为供体,4℃干藏2个月的木香薷种子为受体,采用3×5二因素完全随机试验设计,测定了种子生物活性(发芽势、发芽率、发芽指数、成苗率),探索了木香薷的自化感效应。结果表明:除供体类型对成苗率有显著影响($P<0.05$)外,供体类型和水浸液浓度对受体的发芽势、发芽指数、发芽率、成苗率均有极显著影响($P<0.01$)。供体自化感效应的强弱顺序是叶>花序>茎;叶的水浸液对其种子萌发起化感抑制作用,且随水浸液浓度升高抑制作用增强;茎和花序的水浸液对其种子萌发表现为“低促高抑”的浓度效应。不同供体处理对受体4项指标均起抑制作用,由强到弱的顺序是发芽势>发芽指数>成苗率>发芽率。由于叶片淋溶是木香薷释放化感物质的主要途径之一,故栽培管理中应注意清除枯枝落叶,以减轻化感自毒作用。

关键词:木香薷;水浸液;种子;自化感作用

中图分类号:S 68;Q 94 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2016)15-0062-05

木香薷(*Elsholtzia stauntonii* Benth.)属唇形科香薷属落叶亚灌木,又名柴荆芥、野荆芥、华北香薷^[1-2],在我国甘肃、河南、河北、陕西、山西等地分布广泛^[3]。它是中草药中常见的解表药,性味辛、微温。具发汗解表、祛暑化湿、利尿消肿的功能^[4]。另外,木香薷还具备一定的工业价值,种子可榨油,用于调制干性油、油漆及工业用油;花、茎、叶具浓厚的芳香味,可用于制作香料;由于其植株含挥发油,也可作为调味料,同时其挥发油对一些害虫的成虫具有致死作用;木香薷花色艳丽,园林中可丛植,可配置花坛、花境^[5]。

植物化感作用是指一种活体植物(即供体)产生并以挥发、淋溶、分泌和分解等方式向环境释放次生代谢物而影响邻近伴生植物(即受体)生长发育的化学生态学现象^[6]。当供体和受体为同种植物时,产生抑制作用,其现象被称为植物的自化感作用,也叫化感自毒作用(allelopathic autotoxicity)。它是化感作用的一种特殊形式,即植物自身的分泌物、茎叶的淋溶物及残体分解

产物所产生的有毒物质累积较多,能抑制其根系生长,降低根系活性,改变土壤微生物区系,这种作用有助于病原菌的繁殖,并导致作物生长不良、发病甚至死亡^[7-8]。许多研究^[7-14]表明,植物化感自毒作用是造成连作障碍的重要因素之一。

由于种子的发芽期和幼苗期对化感效应较为敏感,发芽率和幼苗生长往往被视为衡量植物化感效应较为灵敏的指标^[12-18]。因此,现以风干木香薷植株的茎、叶、花序为供体,木香薷种子为受体,探讨风干的木香薷地上部水浸液对其种子萌发及成苗的自化感作用,旨在为木香薷的科学栽培与管理提供参考依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

木香薷植株和种子均采于河南省济源市黄楸树林场。植株洗净后,按茎、叶、花序分开,室温阴干,常温保存备用。种子经筛选,阴干后4℃保存备用。

1.2 试验方法

1.2.1 试验设计 采用 $A \times B = 3 \times 5$ 的二因素完全随机试验设计。A因素为供体部位,共3个水平,即,茎(A1)、叶(A2)、花序(A3)。B因素为水浸液的不同浓度,共5个水平,分别是0(B1)、10(B2)、20(B3)、30(B4)、40 g·L⁻¹(B5)。每处理重复4次。

1.2.2 木香薷茎、叶、花序水浸液的制备 试验前2 d,

第一作者简介:周秀梅(1966-),女,河南兰考人,博士,副教授,硕士生导师,现主要从事园林植物与观赏园艺的教学与科研等工作。E-mail:zxm@hist.edu.cn.

基金项目:河南省科技厅科技攻关资助项目(112102310449);河南科技学院博士启动基金资助项目(2008012)。

收稿日期:2016-04-19

将木香蓍的干茎剪成 3 mm 的小段,将干花序和叶片揉碎,分别称量 10 g 放入容量瓶中,加 250 mL 去离子水,瓶口密封浸提 24 h,即得到浓度为 $40\text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ 的水浸液,二重过滤后,取上清液为水浸提母液,4℃暗藏。试验时用去离子水将各母液分别稀释至设计浓度。

1.2.3 化感作用的生物活性测定 选择均匀饱满的受试木香蓍种子(千粒干样质量 0.237 g)^[18],用 2% 的 84 消毒液消毒 10 min 后,再用去离子水冲洗 4~5 次。在已消毒的直径 9 cm 的培养皿中铺 2 层定性滤纸,分别将 2 mL 不同浓度的水浸液注入培养皿,每皿播种 50 粒种子,放入日温 23℃,夜温 15℃的光照培养箱中培养萌发,光照时间为 $12\text{ h}\cdot\text{d}^{-1}$ 。播种后每天观察受体萌发情况,统计发芽数(胚根突破种皮 1~2 mm),并在培养皿中适量添加 0.5 mL 相应浓度的水浸液或去离子水。至第 9 天发芽数稳定,记录发芽数和成苗数(子叶展开,胚根、胚轴均生长正常)。

1.3 项目测定

发芽势(%)=(日发芽种子数达到最高峰时的数量/供试种子数)×100。发芽率(%)=(萌发终期全部正常萌发的种子数/供试种子数)×100。发芽指数(GI)= $\sum(G_t/D_t)$;式中: G_t 指第 t 日的发芽数, D_t 指相应的发芽日数。成苗率(%)=(萌发终止日的成苗数/供试种

子数)×100。化感效应指数(response index, RI): $RI=1-C/T$ (当 $T\geq C$ 时)或 $RI=T/C-1$ (当 $T<C$ 时),式中: C 为对照值, T 为处理值, RI 为化感效应指数。 $RI>0$,表示促进作用; $RI<0$,表示抑制作用。 RI 绝对值的大小代表化感作用强度。化感综合效应(synthesis effect, SE):同供体同水浸液浓度处理受体后发芽势、发芽率、发芽指数与成苗率这 4 个测试指标 RI 的总和^[17]。

1.4 数据分析

采用 DPS V 7.5 专业版和 Excel 软件对试验数据进行数据处理、方差分析与作图。方差分析前,对百分数进行反正弦转换,并分别用 W 检验和狄克逊准则进行数据的正态性与异常数据检验,用 Duncan 新复极差法进行多重比较。不同大写字母表示差异极显著($P<0.01$),不同小写字母表示差异显著($P<0.05$)。

2 结果与分析

2.1 A 因素、B 因素及 A×B 互作对受体发芽势、发芽率、发芽指数和成苗率的影响

由表 1 可知,A 因素(供体部位)对发芽势、发芽指数、发芽率 3 项指标均有极显著影响($P<0.01$),对成苗率有显著影响($P<0.05$)。用 A1(茎)的水浸液处理受体后发现:其发芽势和发芽指数极显著高于 A2(叶)、A3(花序)处理,而 A2(叶)与 A3(花序)处理间差异不显

表 1 A 因素、B 因素及 A×B 互作对受体 4 项指标影响

Table 1 Effect of factor A or B or A×B on the four indexes of the recipient

项目 Item	发芽势 Germination energy/ %	发芽指数 Germination index	发芽率 Germination percentage/ %	成苗率 Seedling percentage/ %
A1	53.00±1.00A	20.04±3.82A	83.95±0.89A	79.16±0.89a
A2	38.00±6.00B	14.96±5.26B	75.45±2.64B	72.99±2.57b
A3	37.00±4.00B	16.30±5.15B	82.40±0.66A	77.52±0.62ab
B1	47.00±5.00B	18.81±3.16A	87.68±0.80A	83.73±0.68A
B2	59.00±1.00A	21.62±3.44A	85.87±0.31AB	81.24±0.70A
B3	47.00±1.00B	18.54±3.56A	80.35±0.64BC	76.37±0.43AB
B4	39.00±3.00C	15.44±5.08B	74.94±1.26C	72.07±1.08B
B5	22.00±3.00D	11.09±3.66C	73.12±2.45C	68.43±2.24B
A1B1	51.50±3.42ABCD	19.59±1.22ABCD	82.50±9.29ABC	79.00±7.39ABC
A1B2	61.50±11.47A	22.32±3.98AB	87.50±7.01AB	83.30±6.22AB
A1B3	58.58±4.81A	21.55±1.21AB	83.80±4.50ABC	79.89±4.08AB
A1B4	56.00±6.32AB	21.98±3.39AB	81.50±5.00ABC	77.50±6.81ABCD
A1B5	39.50±11.24DEF	14.82±3.26CDE	81.50±8.60ABC	74.00±13.37ABCD
A2B1	57.00±5.77AB	20.13±0.91ABC	90.50±9.44A	88.00±1.63A
A2B2	55.00±7.39ABC	19.58±0.98ABCD	83.50±5.13ABC	80.50±7.55AB
A2B3	41.00±5.77CDE	16.43±2.29BCD	73.00±7.05CD	70.50±4.12BCD
A2B4	27.00±4.76FG	10.64±2.59EF	62.82±7.91D	61.50±7.37CD
A2B5	12.50±3.42H	8.01±2.24F	61.50±11.42D	59.50±18.57D
A3B1	50.50±5.00ABCDE	16.77±5.06BCD	88.5±17.90A	83.00±6.22AB
A3B2	61.80±5.28A	22.97±4.24A	85.91±3.45ABC	78.89±6.86ABC
A3B3	43.00±7.75BCDE	17.22±2.37ABCD	83.00±3.21ABC	78.00±3.65ABC
A3B4	36.50±7.00EF	14.13±1.98DE	79.00±3.21ABC	76.00±4.32ABCD
A3B5	21.00±6.83GH	10.43±1.30EF	73.50±4.46BCD	70.00±5.89BCD

注:表中数值均为平均数±标准差。

Note: Numerical values in the table are $M\pm SD$.

著;其发芽率与 A3(花序)处理间差异不显著,但与 A2(叶)处理相比差异极显著;其成苗率与 A3(花序)处理间差异不显著,但与 A2(叶)处理间存在显著性差异。综合 4 项指标考虑,以 A2(叶)的水浸液处理受体后,4 项指标数值最小,其次是 A3(花序),最大的是 A1(茎)。

由表 1 还可知,B 因素(水浸液浓度)对受体的发芽势、发芽指数、发芽率和成苗率 4 项指标均有极显著影响($P<0.01$)。从各指标的数值看,最小值均为 B5 处理;但最大值却不同,对发芽势和发芽指数来说,最大值为 B2 处理,而对发芽率和成苗率来说,最大值则为 B1 处理。综合比较可知,B 因素 5 个水平中,以 B5($40\text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$)的处理 4 项指标值均最小;而以 B1、B2($0, 10\text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$)的处理,4 项指标值最大。

由表 1 进一步分析可知, $A\times B$ 互作对受体 4 项指标有极显著影响($P<0.01$)。4 项指标最低的处理组合均是 A2B5,最高的是 A2B1。即用浓度为 $40\text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ 木香薷叶水浸液处理受体时,其 4 项指标的值均最低;而用浓度为 $0\text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ 木香薷叶水浸液处理受体时,其 4 项指标的值均最高。

2.2 不同处理组合对受体 4 项指标化感效应指数的影响

由图 1 可以看出,用木香薷茎的水浸液 $10(\text{B}2)$ 、 $20(\text{B}3)$ 、 $30\text{ g}\cdot\text{L}^{-1}(\text{B}4)$ 处理受体后,其发芽势的 RI 全为正值,说明起促进作用,但当浓度为 $40\text{ g}\cdot\text{L}^{-1}(\text{B}5)$ 时, RI 为负值,说明起抑制作用;当用叶的水浸液各浓度处理受体后, RI 均为负值,且其绝对值随浓度的升高而增大,说明叶的水浸液对受体发芽势起抑制作用,且抑制作用随浓度的升高而增强;当处理受体的花序水浸液浓度为 $10\text{ g}\cdot\text{L}^{-1}(\text{B}2)$ 时,其发芽势的 RI 为正值,说明对该指标起促进作用,但当浓度升高到 $20(\text{B}3)$ 、 $30(\text{B}4)$ 、 $40\text{ g}\cdot\text{L}^{-1}(\text{B}5)$ 时, RI 均为负值,且绝对值随浓度的升高而增大。可见,叶的水浸液浓度与发芽势的 RI 值之间呈正相关关系,而茎和花序的水浸液浓度对发芽势的 RI 值,表现为低促高抑的浓度效应。

由图 2 可以看出,当木香薷茎的水浸液浓度为 $10(\text{B}2)$ 、 $20(\text{B}3)$ 、 $30\text{ g}\cdot\text{L}^{-1}(\text{B}4)$ 时,其发芽指数的 RI 全为正值,说明起促进作用;但当浓度为 $40\text{ g}\cdot\text{L}^{-1}(\text{B}5)$ 时, RI 为负值,说明起抑制作用。当用叶的水浸液各浓度处理受体后,发芽指数的 RI 均为负值,且其绝对值随浓度的升高而增大,说明各浓度的叶水浸液对受体发芽指数均起抑制作用,且随浓度的升高而增强。当花序水浸液浓度为 $10(\text{B}2)$ 、 $20\text{ g}\cdot\text{L}^{-1}(\text{B}3)$,其发芽指数的 RI 均为正值,且其绝对值随浓度升高而减小,说明起促进作用,且随浓度的升高促进作用减弱,但当浓度为 30

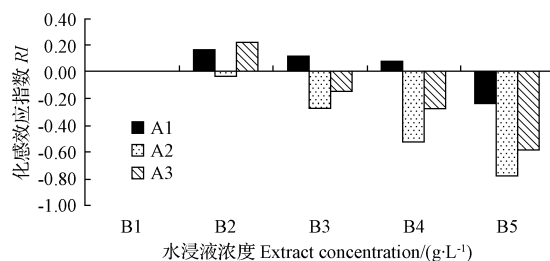


图 1 不同处理组合受体发芽势的化感效应指数

Fig. 1 RI of germination energy of recipients of different treatments

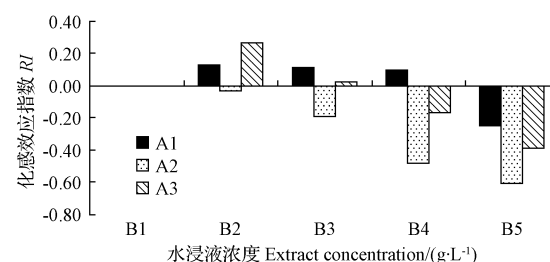


图 2 不同处理组合受体发芽指数的化感效应指数

Fig. 2 RI of germination index of recipients of different treatments

($\text{B}4$)、 $40\text{ g}\cdot\text{L}^{-1}(\text{B}5)$ 时, RI 为负值,且其绝对值随浓度升高而增大,说明起抑制作用且随浓度升高而增强。

由图 3、4 可以看出,当用木香薷茎的水浸液各浓度处理受体后,其发芽率和成苗率的 RI 值变化趋势相同。当茎的水浸液浓度为 $10(\text{B}2)$ 、 $20\text{ g}\cdot\text{L}^{-1}(\text{B}3)$ 时, RI 为正值,且随浓度升高绝对值减小,说明起促进作用,且随浓度升高促进作用减弱;但当浓度为 $30(\text{B}4)$ 、 $40\text{ g}\cdot\text{L}^{-1}(\text{B}5)$ 时, RI 均为负值,说明起抑制作用。当用叶或花序的水浸液各浓度处理受体后, RI 均为负值,且其绝对值随浓度的升高而逐渐增大,说明叶或花序的水浸液对受体发芽率和成苗率均起抑制作用,且抑制作用随浓度的升高而增强。

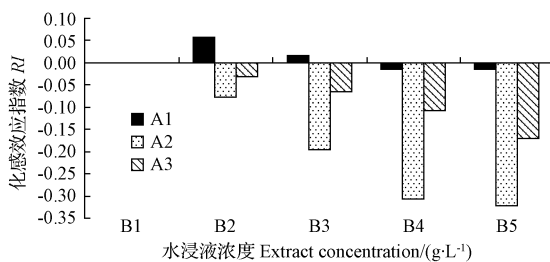


图 3 不同处理组合受体发芽率的化感效应指数

Fig. 3 RI of germination percentage of recipients of different treatments

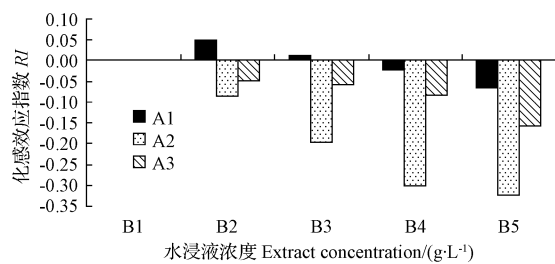


图 4 不同处理组合受体成苗率的化感效应指数

Fig. 4 RI of seedling percentage of recipients of different treatments

2.3 不同处理组合对受体 4 项指标的化感综合效应

由表 2 可知,不同处理组合对受体萌发期的发芽势、发芽指数、发芽率和成苗率 4 项指标的化感综合效应(SE)不同。处理组合 A1B2、A1B3、A1B4、A3B2 的 SE 为正值,说明对受体萌发起化感促进作用,且供体部位相同时,随浓度的升高,这种促进作用减弱;处理组合 A1B5、A3B3、A3B4、A3B5 的 SE 为负值,说明化感作用由促进变为抑制,显示出茎和花序水浸液低促高抑的浓度效应;处理组合 A2B2、A2B3、A2B4、A2B5 的 SE 均为负值,且随浓度的升高绝对值增大,说明叶的水浸液处理受体后,化感作用随浓度的升高而增强。从化感综合效应之和来看,叶和花序处理受体后的值为负,即起抑

表 2 不同处理组合对受体的化感综合效应 (SE)

Table 2 SE of different treatment combinations on the recipient

处理 Treatment	化感综合效应 SE	合计 Total
A1B1	0.00	0.24
A1B2	0.39	
A1B3	0.26	
A1B4	0.14	
A1B5	-0.55	
A2B1	0.00	-5.83
A2B2	-0.60	
A2B3	-1.18	
A2B4	-1.86	
A2B5	-2.19	
A3B1	0.00	-1.75
A3B2	0.41	
A3B3	-0.24	
A3B4	-0.63	
A3B5	-1.29	

制作用,茎处理受体后的值为正,即起促进作用;从绝对值大小看,化感作用的强弱顺序为叶>花序>茎。

由表 3 可知,不同处理组合处理受体后,对受体 4 项指标的化感综合效应值均为负,说明不同部位水浸液对受体 4 项指标均起抑制作用;从绝对值大小看,这种抑制作用由强到弱的指标顺序依次是发芽势>发芽指数>成苗率>发芽率。

表 3 受体种子萌发期 4 项指标的化感综合效应 (SE)

Table 3 Allelopathy synthesis effect(SE) of the 4 indexes of recipients during seed germinating

指标 Index	发芽势 Germinating energy	发芽指数 Germination index	发芽率 Germination percentage	成苗率 Seedling percentage
SE	-2.29	-1.44	-1.22	-1.28

3 结论与讨论

植物化感作用的强弱与供体植物的器官有关^[12,16-18]。该试验发现,以木香薷的干茎、叶、花序为供体,种子为受体时,叶片的化感作用最强,且为化感抑制作用。这与周秀梅等^[17]以木香薷新鲜的茎、叶、花序为供体,黄芩蒲种子为受体所得的试验结论一致。所不同的是,木香薷鲜茎对黄芩蒲种子的萌发起化感抑制作用^[17],而该试验发现,木香薷的干茎对其种子萌发起化感促进作用。这可能与木香薷器官风干后,内部所含的抑制种子萌发的化感物质减少有关。由此可推测,木香薷不同部位中化感物质的种类、浓度、释放途径存在着差异。因此,在木香薷生产栽培中,应及时清理枯枝落叶,以减轻化感自毒作用。

木香薷风干茎、叶、花序的水浸液浓度不同,对其种子萌发的化感效应不同。叶片水浸液表现为随浓度的

升高对受体的化感抑制作用增强,这种浓度效应曾多见报道^[16-19]。说明这是叶片化感作用的一般规律。袁莉等^[12]和周秀梅等^[17-18]发现,茎和花序的水浸液对受体的化感作用表现为“低促高抑”的浓度效应,这与该试验的发现一致。不同处理组合对受体 4 项指标的抑制作用由强到弱的顺序(发芽势>发芽指数>成苗率>发芽率),与周秀梅等^[17-18]的报道一致,但各指标的强度不同,这可能与供体种类及受体种子活力不同有关。

试验观察还发现,与其它处理相比,对照的木香薷幼苗的主根白而长、须根少,子叶淡绿。随供体水浸液浓度的升高,受体主根逐渐变短,须根有所增加,子叶颜色变深绿。这可能跟木香薷种子小,本身所含营养物质少有关。对照补充的水分中,缺少种子萌发和幼苗生长的营养物质,而其它处理补充的不同浓度的茎、叶、花序的水浸液除含有抑制生长的化感物质外,可能还含有促

进生长的物质。至于所含的这些化感抑制物质和促进生长物质的种类和比例,还有待进一步研究。

参考文献

- [1] 中国科学院《中国植物志》编委会. 中国植物志第 66 卷[M/OL]. 北京:科学出版社,1977. <http://frps.eflora.cn/frps?id=木香蓍>. [2016-01-13].
- [2] 中国科学院植物研究所. 中国高等植物图鉴(第 3 册)[M]. 北京:科学出版社,1974:687.
- [3] 中国科学院中国植物志编辑委员会. 中国植物志[M]. 北京:科学出版社,1977:344-345.
- [4] 全国中草药汇编编写组. 全国中草药汇编[M]. 北京:人民卫生出版社,1978.
- [5] 刘鑫军. 木香蓍的开发利用与栽培技术[J]. 北方园艺,2007(8):154-155.
- [6] WILLIAMSON G B, RICHARDSON D. Bioassays for allelopathy: measuring treatment responses with independent controls[J]. Journal of Chemical Ecology, 1988, 14(1): 181-187.
- [7] 张淑香,高子勤. 连作障碍与根际微生态研究Ⅱ. 根系分泌物与酚酸物质[J]. 应用生态学报,2000,11(1):152-156.
- [8] 李春龙,贺阳冬,陈华,等. 辣椒连作障碍机制初探及其下茬作物的初选[J]. 安徽农业科学,2007,35(26):8187-8188.
- [9] 杨广超,吕卫光,沈其荣,等. 西瓜的自毒作用研究[J]. 上海农业学报,2004,20(3):82-85.
- [10] 张重义,谢小波,王毅,等. 烟草化感自毒作用与其连作障碍研究的启示[J]. 中国烟草学报,2011,17(4):88-92.
- [11] 曹潘荣,骆世明. 茶树的自毒作用[J]. 广东茶业,1996(2):90-11.
- [12] 袁莉,鲁为华,于磊. 紫花苜蓿生长前期各部位提取液对种子萌发的自毒作用[J]. 中国草地学报,2007,29(5):111-113.
- [13] 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.
- [14] 邹丽芸,喻景权. 西瓜植株水浸提物对西瓜种子萌发的影响[J]. 浙江农业科学,2004(4):181-182.
- [15] 杨期和,叶万辉,廖富林,等. 植物化感物质对种子萌发的影响[J]. 生态学杂志,2005,24(12):1459-1465.
- [16] 罗通,邓骞远,曾进,等. 宜宾油樟对三种农作物种子萌发的化感作用[J]. 宜宾学院学报,2007,7(12):63-66.
- [17] 周秀梅,齐安国,郑翠翠,等. 木香蓍地上部位水浸液的化感作用比较[J]. 中国农学通报,2012,28(25):196-200.
- [18] 周秀梅,李保印,徐小梅. 紫苏水浸液对木香蓍种子和幼苗生长的化感作用[J]. 资源开发与市场,2015,31(10):1155-1158.
- [19] 王庆玲,董涛,张子龙. 三七对小麦的化感作用[J]. 生态学杂志,2015,34(2):430-437.

Self-allelopathy Effect of Water Extracts of *Elsholtzia stauntonii* on Its Seed Germination

ZHOU Xiumei, WANG Yujie, LI Baoyin, ZHANG Jianwei

(Department of Horticulture and Landscape, Henan Institute of Science and Technology, Xinxiang, Henan 453003)

Abstract: Taking *Elsholtzia stauntonii* Benth. as material, and taking the air-dried stems, leaves and inflorescences stored in the lab for 6 months of *Elsholtzia stauntonii* Benth. as the donor and its seeds stored at 4 °C for 2 months as the recipient, the four indexes such as the germination energy, germinating index, germination percentage and seedling percentage were determined by bioassay method in the lab, with 3×5 factorial complete randomized design, in order to study the self-allelopathy of *E. stauntonii*. The results showed that, both donor type and water extract concentration had great significant effects ($P < 0.01$) on the germination energy, germination index, germination percentage and seedling percentage, except donor type on seedling percentage ($P < 0.05$). The self-allelopathy order from the strongest to the weakest was leaf > inflorescence > stem and the inhibitory effect of leaf aqueous extracts on its seed germination was stronger with the concentration increasing and the aqueous extracts of stems and inflorescences had a ‘hormesis’ concentration effect on the seed germination. Different treatments had inhibited effects on the four indexes of the recipient, the order from strong to weak was the germination energy > germination index > seedling percentage > germination percentage. Leave leaching was one of the main ways to release allelochemicals. So, for the reasonable cultivation and management of *E. stauntonii*, the fallen leaves and dead branches should be removed on time in order to relieve the autotoxicity.

Keywords: *Elsholtzia stauntonii* Benth.; water extract; seed; self-allelopathy