

火烧迹地土千年健对尼泊尔酸模的化感作用

李天星, 尹秋林

(楚雄师范学院 化学与生命科学学院, 云南 楚雄 675000)

摘 要:为探索化感作用对药用植物栽培的影响及火灾后化感作用对森林植被自然恢复的影响机制,选取滇中地区针阔混交林火烧迹地优势物种的 2 种药用植物尼泊尔酸模和土千年健为研究对象,研究了土千年健水浸液对尼泊尔酸模种子及其幼苗的化感作用和作用机理。结果表明:土千年健水浸液对尼泊尔酸模种子萌发、幼苗主根长度及其鲜质量和干质量以及地上部分的高度及其鲜质量和干质量、幼苗叶绿素含量都呈现出低浓度促进、高浓度抑制的现象;随着土千年健水浸液浓度的增大,其对尼泊尔酸模幼苗过氧化物酶活性的抑制作用逐渐增强,但其幼苗脯氨酸含量、丙二醛含量却逐渐升高。研究发现,土千年健水浸液通过抑制保护酶活性和叶绿素的生成,增加膜脂过氧化和逆境伤害,抑制尼泊尔酸模种子萌发和幼苗生长,从而表现出化感作用,且化感效应随着浓度的增加而增强。该研究为药用植物栽培及火灾后森林植被的人工恢复提供参考。

关键词:火烧迹地;化感作用;土千年健;尼泊尔酸模

中图分类号:Q 145 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2016)18-0065-06

植物化感作用是指植物之间通过化学物质相互影响的现象^[1],对植物化感作用的研究有利于揭示植物群落的时空分布格局及其形成和演替的原因和机制^[2-6]。近 30 多年来,中国森林火灾频发,森林中宝贵的药用植物资源等都被付之一炬,火灾烧毁了我国有限的森林资源,加速火烧迹地森林植被恢复工作任重而道远^[7]。探索火灾后森林垂直结构层次上不同物种间化感作用对森林植被自然或人工恢复的影响机制,是保护药用植物资源和森林资源及充分利用化感作用指导火烧迹地森林生态系统植被恢复工作的关键,而该领域的研究工作尚鲜见国内外相关报道。

土千年健(*Vaccinium fragile* Franch.)属杜鹃花科越橘属植物,一直以来,人们主要集中于对其的功能性

食品和药理方面进行研究,对其化感作用方面的研究尚鲜见报道。尼泊尔酸模(*Rumex nepalensis*)属蓼科酸模属植物,其以药理为主的研究报道居多,尚鲜见对其化感作用方面的研究。森林生态系统中,乔木林下层各种灌木和草本植物间的化感作用对森林垂直结构乃至整个森林的水平结构都会产生重要的影响。在大量野外实地生态调研的基础上,现选取了滇中地区针阔混交林火烧迹地灌木层和草本层优势物种中的药用植物土千年健和尼泊尔酸模^[7],研究灌木层的土千年健对草本层的尼泊尔酸模的化感作用,并探讨其作用机理,旨在揭示火灾后灌木层和草本层优势物种间的化感作用对森林植被自然恢复的影响,同时为火灾后森林植被人工恢复及药用植物栽培提供相应的理论依据和参考。

1 材料与方法

1.1 试验材料

供体植物和受体植物都是药用植物,供体植物土千年健(*Vaccinium fragile* Franch)的茎叶、根和受体植物尼泊尔酸模(*Quercus acutissima* Carr.)的种子,均采于楚雄峨碌公园(东经 101°14'18"~101°32'12"、北纬 25°1'17"~25°6'14",总面积 26.5 hm²,海拔 1 774~2 128 m)针阔混交林内的火烧迹地^[7]。

1.2 试验方法

1.2.1 供体植物水浸液制备 为尽可能真实地再现植物间化感作用的发生机理,将从针阔混交林内火烧迹地

第一作者简介:李天星(1968-),男,云南永仁人,彝族,博士,教授,现主要从事植物生理生态学与景观生态学和生物学教育研究等工作。E-mail:lxhx@163.com。

基金项目:国家自然科学基金资助项目(31360102);云南省应用基础研究计划资助项目(2011FB089);楚雄师范学院院级学术骨干计划资助项目(2011《植物学》);云南省省级重点学科建设“生物学”和楚雄师范学院校级重点学科建设“生物学”资助项目(05YJJSXK03);云南省高校特色植物资源研究与开发科技创新团队支持计划资助项目(IRTSTYN);云南省高校应用生物学重点实验室基地建设资助项目。

收稿日期:2016-04-22

采集的供体植物的茎叶和根,分别切成长 1 cm 左右的小段,洗净晾干,分茎叶和根于蒸馏水中浸泡 48 h 后,以双层纱布过滤,分别得到其茎叶和根共 5 种质量浓度的处理液(0.01、0.02、0.03、0.04、0.05 $\text{kg} \cdot \text{L}^{-1}$),置于冰箱中 4 $^{\circ}\text{C}$ 保存备用。

1.2.2 受体种子萌发试验 受体种子萌发试验采用育苗袋河沙混合土培法进行。在育苗袋(24 cm \times 26 cm)内置经过消毒灭菌的河沙混合土到袋子的 3/4 处,每袋内播种经消毒处理的健康饱满的尼泊尔酸模种子 20 粒,分别用土千年健茎叶和根水浸液进行浇灌,每个浓度处理设 3 次重复,以蒸馏水处理为对照(CK)。每天观察记录受体种子发芽(胚根或胚轴破皮 1~2 mm 时为萌发)的数量,直到其不再萌发时为止,计算受体种子发芽率和化感效应指数(RI)。同时测量受体种子萌发生成的幼苗高、茎叶鲜质量和干质量及其根系的主根长、根鲜质量和干质量,并分别计算各自的化感效应指数(RI)。

1.3 项目测定

叶绿素含量测定采用分光光度计法^[8-10];过氧化物酶(POD)活性测定采用愈创木酚法^[8-10];丙二醛(MDA)含量测定采用硫代巴比妥酸(TBA)法^[8-10];脯氨酸(Pro)含量测定采用磺基水杨酸法^[8-10];最后分别计算每个生理指标的化感效应指数(RI)。RI=1-C/T(当 $T \geq C$ 时,RI ≥ 0 ;当 $T < C$ 时,RI < 0)。式中,C 为对照值,T 为处理值。RI > 0 为化感促进效应,RI < 0 为化感抑制效应。绝对值的大小代表供体植物对受体植物化感作用强度的大小。

1.4 数据分析

试验数据采用 SPSS 17.0 软件进行分析,LSD 显著性在 0.05 水平上检测。

2 结果与分析

2.1 土千年健水浸液对尼泊尔酸模种子萌发及其幼苗生长的影响

2.1.1 土千年健根水浸液对尼泊尔酸模种子萌发及其幼苗生长的影响 从表 1、2 可以看出,土千年健根水浸液对尼泊尔酸模种子萌发率的影响呈现出了“低促高抑”的现象,从整体趋势上看,大部分不同浓度处理及其化感效应指数间有显著差异。在供体水浸液浓度低于 0.03 $\text{kg} \cdot \text{L}^{-1}$ 时,伴随供体水浸液浓度的升高,尼泊尔酸模种子萌发率不断增加,化感效应指数不断增大,当供体水浸液浓度达到 0.03 $\text{kg} \cdot \text{L}^{-1}$ 时,尼泊尔酸模种子萌发率为 83%,比对照增加了 16 个百分点,化感效应指数达 0.19,表现出明显的促进作用;当供体水浸液浓度增加到 0.04、0.05 $\text{kg} \cdot \text{L}^{-1}$ 时,尼泊尔酸模种子萌发率开始急剧下降,当供体水浸液浓度达到 0.05 $\text{kg} \cdot \text{L}^{-1}$ 时,尼

泊尔酸模种子萌发率仅为 58%,比对照降低了 9 个百分点,化感效应指数为 -0.16,表现出明显的抑制作用。由表 1、2 可知,土千年健根水浸液对尼泊尔酸模幼苗主根长及其鲜质量和干质量的影响,总体上也呈现出“低促高抑”的现象,绝大多数不同浓度处理及其化感效应指数间均有显著差异。在供体水浸液浓度低于 0.02 $\text{kg} \cdot \text{L}^{-1}$ 时,伴随供体水浸液浓度的升高,尼泊尔酸模幼苗主根长、鲜质量和干质量不断增加,化感效应指数不断增大,当供体水浸液浓度达到 0.02 $\text{kg} \cdot \text{L}^{-1}$ 时,尼泊尔酸模幼苗主根长及其鲜质量和干质量的化感效应指数分别达 0.03、0.14、0.14,表现出明显的化感促进作用;当供体水浸液浓度从 0.03 $\text{kg} \cdot \text{L}^{-1}$ 增加到 0.04 $\text{kg} \cdot \text{L}^{-1}$ 时,与对照和低浓度处理相比,尼泊尔酸模幼苗主根长还在增加,只是增幅不断减小,化感效应指数分别达 0.07 和 0.05,表现出更加明显的化感促进作用,当供体水增加到 0.05 $\text{kg} \cdot \text{L}^{-1}$ 时,尼泊尔酸模幼苗主根长急剧下降,化感效应指数达 -0.08,呈现出明显的化感抑制效应;当供体水浸液浓度从 0.03 $\text{kg} \cdot \text{L}^{-1}$ 增加到 0.05 $\text{kg} \cdot \text{L}^{-1}$ 时,尼泊尔酸模幼苗鲜质量和干质量开始逐渐下降,当供体水浸液浓度达到 0.05 $\text{kg} \cdot \text{L}^{-1}$ 时,尼泊尔酸模幼苗鲜质量和干质量的化感效应指数分别为 -0.08 和 -0.29,表现出明显的化感抑制效应。表 1、2 表明,土千年健根水浸液对尼泊尔酸模幼苗苗高、茎叶鲜质量及其干质量的影响,呈现出了非常明显的规律性的“低促高抑”现象,不同浓度处理及其化感效应指数间都有显著差异。在供体水浸液浓度低于 0.02 $\text{kg} \cdot \text{L}^{-1}$ 时,伴随供体水浸液浓度的升高,尼泊尔酸模幼苗苗高、茎叶鲜质量及其干质量不断增加,各自相应的化感效应指数不断增大,当供体水浸液浓度达到 0.02 $\text{kg} \cdot \text{L}^{-1}$ 时,尼泊尔酸模幼苗苗高、茎叶鲜质量及其干质量的化感效应指数分别达 0.03、0.08、0.10,表现出明显的化感促进作用;当供体水浸液浓度从 0.03 $\text{kg} \cdot \text{L}^{-1}$ 增加到 0.05 $\text{kg} \cdot \text{L}^{-1}$ 时,尼泊尔酸模幼苗苗高、茎叶鲜质量及其干质量的化感效应指数分别达 -0.24、-0.25 和 -0.16,表现出明显的化感抑制效应。

2.1.2 土千年健茎叶水浸液对尼泊尔酸模种子萌发及其幼苗生长的影响 由表 1、2 可知,土千年健茎叶水浸液对尼泊尔酸模种子萌发率的影响呈现出了明显的规律性的“低促高抑”现象,不同浓度处理及其化感效应指数间都有显著差异。在供体水浸液浓度低于 0.03 $\text{kg} \cdot \text{L}^{-1}$ 时,伴随供体水浸液浓度的升高,尼泊尔酸模种子萌发率不断增加,化感效应指数不断增大,当供体水浸液浓度达到 0.03 $\text{kg} \cdot \text{L}^{-1}$ 时,尼泊尔酸模种子萌发率为 92%,比对照增加了 25 个百分点,化感效应指数达 0.27,

表 1 土千年健水浸液对尼泊尔酸模种子萌发及其幼苗生长的影响

Table 1 Effect of *V. fragile* water extracts on seed germination and seedling growth of *R. nepalensis*

供体部位 Donor part	浓度 Concentration /($\text{kg} \cdot \text{L}^{-1}$)	萌发率 Germination percentage/%	主根长 Main root length /cm	主根鲜质量 Main root fresh weight /($\text{g} \cdot \text{株}^{-1}$)	主根干质量 Main root dry weight /($\text{g} \cdot \text{株}^{-1}$)	苗高 Seedling height /cm	茎叶鲜质量 Fresh weight of stem and leaf/($\text{g} \cdot \text{株}^{-1}$)	茎叶干质量 Dry weight of stem and leaf/($\text{g} \cdot \text{株}^{-1}$)
根 Root	0.00	67b	5.61b	0.042b	0.022c	13.4d	0.380d	0.072d
	0.01	68b	5.70c	0.045c	0.025d	13.6e	0.398e	0.074e
	0.02	75c	5.81d	0.049d	0.029e	13.8f	0.413f	0.080f
	0.03	83d	6.00f	0.044c	0.023c	12.9c	0.375c	0.070c
	0.04	75c	5.90e	0.042b	0.020b	11.9b	0.310b	0.068b
	0.05	58a	5.22a	0.039a	0.017a	10.8a	0.305a	0.062a
茎叶 Stem and leaf	0.00	67c	5.61c	0.042b	0.022b	13.4d	0.380d	0.072d
	0.01	75d	5.70d	0.049c	0.031c	14.7e	0.419e	0.081e
	0.02	83e	6.11e	0.069e	0.042e	15.6f	0.425f	0.084f
	0.03	92f	7.50f	0.070e	0.043e	12.3c	0.370c	0.069c
	0.04	58b	5.11b	0.057d	0.037d	10.1b	0.301b	0.062b
	0.05	50a	4.90a	0.035a	0.015a	9.8a	0.289a	0.058a

注:表中同列数据后不同小写字母表示差异显著($\alpha=0.05$)。下同。

Note: Data followed by different small letters in the same column are significantly different(LSD) at 0.05 level, the same below.

表 2 土千年健水浸液对麻栎种子萌发及其幼苗生长的化感效应指数的影响

Table 2 Effect of *V. fragile* water extracts on RI of seed germination and seedling growth of *R. nepalensis*

供体部位 Donor part	浓度 Concentration /($\text{kg} \cdot \text{L}^{-1}$)	萌发率 Germination percentage	主根长 Main root length	主根鲜质量 Root fresh weight	主根干质量 Root dry weight	苗高 Seedling height	茎叶鲜质量 Fresh weight of stem and leaf	茎叶干质量 Dry weight of stem and leaf
根 Root	0.00	0.00b	0.00b	0.00b	0.00c	0.00d	0.00d	0.00d
	0.01	0.01b	0.02c	0.07b	0.12d	0.01e	0.05e	0.03e
	0.02	0.11c	0.03d	0.14c	0.14f	0.03f	0.08f	0.10f
	0.03	0.19d	0.07f	0.05b	0.04e	-0.04c	-0.01c	-0.03c
	0.04	0.11c	0.05e	0.00b	-0.10b	-0.13b	-0.23b	-0.06b
	0.05	-0.16a	-0.08a	-0.08a	-0.29a	-0.24a	-0.25a	-0.16a
茎叶 Stem and leaf	0.00	0.00c	0.00c	0.00b	0.00b	0.00d	0.00d	0.00d
	0.01	0.11d	0.02d	0.14c	0.29c	0.09e	0.09e	0.11e
	0.02	0.19e	0.08e	0.39e	0.48e	0.14f	0.11f	0.14f
	0.03	0.27f	0.25f	0.40e	0.49e	-0.09c	-0.03c	-0.04c
	0.04	-0.16b	-0.10b	0.26d	0.41d	-0.33b	-0.26b	-0.16b
	0.05	-0.34a	-0.14a	-0.11a	-0.47a	-0.37a	-0.38a	-0.24a

表现出明显的化感促进作用;当供体水浸液浓度增加到 0.04、0.05 $\text{kg} \cdot \text{L}^{-1}$ 时,尼泊尔酸模种子萌发率开始急剧下降,当供体水浸液浓度达到 0.05 $\text{kg} \cdot \text{L}^{-1}$ 时,尼泊尔酸模种子萌发率仅为 50%,比对照降低了 17 个百分点,化感效应指数为 -0.34,表现出强烈的化感抑制效应。表 1、2 表明,土千年健茎叶水浸液对尼泊尔酸模幼苗主根长及其鲜质量和干质量的影响,总体上也呈现出“低促高抑”的现象,绝大多数不同浓度处理及其化感效应指数间有显著差异。在供体水浸液浓度低于 0.03 $\text{kg} \cdot \text{L}^{-1}$ 时,伴随供体水浸液浓度的升高,尼泊尔酸模幼苗主根长及其鲜质量和干质量不断增加,化感效应指数不断增大,当供体水浸液浓度达到 0.03 $\text{kg} \cdot \text{L}^{-1}$ 时,尼泊尔酸模幼苗主根长及其鲜质量和干质量的化感效应指数分别达 0.25、0.40、0.49,表现出强烈的化感促进作用;当供体水浸液浓度增加到 0.04、0.05 $\text{kg} \cdot \text{L}^{-1}$ 时,尼泊尔酸模幼苗主根长及其鲜质量和干质量开始不断下降,当供体水浸液浓度达到 0.05 $\text{kg} \cdot \text{L}^{-1}$ 时,尼泊尔酸模幼苗主根

长及其鲜质量和干质量的化感效应指数分别达 -0.14、-0.11 和 -0.47,表现出强烈的化感抑制效应。从表 1、2 可以看出,土千年健茎叶水浸液对尼泊尔酸模幼苗苗高、茎叶鲜质量及其干质量的影响与根水浸液相同,呈现出了非常明显的规律性的“低促高抑”的现象,不同浓度处理及其化感效应指数间都有显著差异。在供体水浸液浓度低于 0.02 $\text{kg} \cdot \text{L}^{-1}$ 时,伴随供体水浸液浓度的升高,尼泊尔酸模幼苗苗高、茎叶鲜质量及其干质量不断增加,化感效应指数不断增大,当供体水浸液浓度达到 0.02 $\text{kg} \cdot \text{L}^{-1}$ 时,尼泊尔酸模幼苗苗高、茎叶鲜质量及其干质量的化感效应指数分别达 0.14、0.11、0.14,表现出明显的化感促进作用;当供体水浸液浓度从 0.03 $\text{kg} \cdot \text{L}^{-1}$ 增加到 0.04、0.05 $\text{kg} \cdot \text{L}^{-1}$ 时,尼泊尔酸模幼苗苗高、茎叶鲜质量及其干质量开始急剧下降,当供体水浸液浓度达到 0.05 $\text{kg} \cdot \text{L}^{-1}$ 时,尼泊尔酸模幼苗苗高、茎叶鲜质量及其干质量的化感效应指数分别达 -0.37、-0.38 和 -0.24,表现出强烈的化感抑制效应。

2.2 土千年健水浸液对尼泊尔酸模幼苗生理指标的影响

2.2.1 土千年健根水浸液对尼泊尔酸模幼苗生理指标的影响 从表 3、4 可以看出,土千年健根水浸液对尼泊尔酸模幼苗叶绿素 a、b 和总叶绿素含量的影响,总体上呈现出“低促高抑”的现象,从整体上看,不同浓度处理及其化感效应指数间有显著差异。在供体水浸液浓度低于 $0.03 \text{ kg} \cdot \text{L}^{-1}$ 时,伴随供体水浸液浓度的升高,尼泊尔酸模幼苗叶绿素 a、b 和总叶绿素含量不断增加,化感效应指数不断增大,当供体水浸液浓度达到 $0.03 \text{ kg} \cdot \text{L}^{-1}$ 时,尼泊尔酸模幼苗叶绿素 a、b 和总叶绿素含量的化感效应指数分别达 0.15、0.13、0.10,表现出明显的化感促进作用;伴随着供体水浸液浓度的不断升高,尼泊尔酸模幼苗叶绿素 a、b 和总叶绿素含量不断下降,当供体水浸液浓度达到 $0.05 \text{ kg} \cdot \text{L}^{-1}$ 时,尼泊尔酸模幼苗叶绿素 a、b 和总叶绿素含量的化感效应指数分

别达 -0.10、-0.11 和 -0.14,表现出非常强烈的化感抑制效应。表 3、4 表明,土千年健根水浸液对尼泊尔酸模幼苗过氧化物酶活性的影响,出现了“一边倒的抑制”现象,不同浓度处理及其化感效应指数间有显著差异。伴随着供体水浸液浓度的不断升高,尼泊尔酸模幼苗过氧化物酶活性逐渐下降,当供体水浸液浓度达到 $0.05 \text{ kg} \cdot \text{L}^{-1}$ 时,尼泊尔酸模幼苗过氧化物酶活性的化感效应指数为 -0.31,表现出明显的化感抑制效应。由表 3、4 可知,土千年健根水浸液对尼泊尔酸模幼苗丙二醛含量、脯氨酸含量的影响,呈现出“一边倒的促进”现象,不同浓度处理及其化感效应指数间有显著差异。伴随着供体水浸液浓度的不断升高,尼泊尔酸模幼苗丙二醛含量、脯氨酸含量都不断增加,当供体水浸液浓度达到 $0.05 \text{ kg} \cdot \text{L}^{-1}$ 时,尼泊尔酸模幼苗丙二醛含量、脯氨酸含量的化感效应指数分别达 0.58、0.13,表现出明显的化感促进作用。

表 3 土千年健水浸液对尼泊尔酸模幼苗生理指标的影响

Table 3 Effect of *V. fragile* water extracts on seedling physiological indexes of *R. nepalensis*

供体部位	浓度	叶绿素 a 含量	叶绿素 b 含量	叶绿素含量	过氧化物酶活性	丙二醛含量	脯氨酸含量
Donor part	Concentration	Content of chlorophyll a	Content of chlorophyll b	Content of chlorophyll	POD activity	MDA content	Pro content
	$/(\text{kg} \cdot \text{L}^{-1})$	$/(\text{mg} \cdot \text{g}^{-1})$	$/(\text{mg} \cdot \text{g}^{-1})$	$/(\text{mg} \cdot \text{g}^{-1})$	$/(\text{U} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{min}^{-1})$	$/(\mu\text{mol} \cdot \text{g}^{-1})$	$/(\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1})$
根	0.00	0.33b	0.52c	0.88c	27.8f	0.87a	52.6a
	0.01	0.35c	0.57d	0.90d	26.8e	1.79b	54.2b
	0.02	0.37d	0.57d	0.92e	24.7d	1.84c	55.1c
	0.03	0.39e	0.60e	0.98f	23.6c	1.95d	56.4d
	0.04	0.31a	0.48b	0.79b	22.1b	2.04e	59.3e
	0.05	0.30a	0.47a	0.77a	21.3a	2.09f	60.8f
茎叶	0.00	0.33c	0.52c	0.88c	27.8f	0.87a	52.6a
	0.01	0.45d	0.58d	1.03d	25.6e	1.86b	55.1b
	0.02	0.52f	0.80e	1.32f	23.3d	2.03c	56.3c
	0.03	0.47e	0.83f	1.30e	20.0c	2.15d	60.1d
	0.04	0.18b	0.27b	0.45b	18.1b	2.20e	61.2e
	0.05	0.13a	0.14a	0.27a	16.3a	2.45f	65.0f

表 4 土千年健水浸液对尼泊尔酸模幼苗生理指标的化感效应指数的影响

Table 4 Effect of *V. fragile* water extracts on RI of seedling physiological indexes of *R. nepalensis*

供体部位	浓度	叶绿素 a 含量	叶绿素 b 含量	叶绿素含量	过氧化物酶活性	丙二醛含量	脯氨酸含量
Donor part	Concentration/ $(\text{kg} \cdot \text{L}^{-1})$	Content of chlorophyll a	Content of chlorophyll b	Content of chlorophyll	POD activity	MDA content	Pro content
根	0.00	0.00c	0.00c	0.00c	0.00f	0.00a	0.00a
	0.01	0.06d	0.09d	0.02d	-0.04e	0.51b	0.03b
	0.02	0.11e	0.09d	0.04e	-0.13d	0.53c	0.05c
	0.03	0.15f	0.13e	0.10f	-0.18c	0.55d	0.07d
	0.04	-0.06b	-0.08b	-0.11b	-0.26b	0.57e	0.11e
	0.05	-0.10a	-0.11a	-0.14a	-0.31a	0.58e	0.13f
茎叶	0.00	0.00c	0.00c	0.00c	0.00f	0.00a	0.00a
	0.01	0.27d	0.10d	0.15d	-0.09e	0.53b	0.05b
	0.02	0.37f	0.35e	0.33e	-0.19d	0.57c	0.07c
	0.03	0.30e	0.37f	0.32e	-0.39c	0.60d	0.12d
	0.04	-0.83b	-0.93b	-0.96b	-0.54b	0.60d	0.14e
	0.05	-1.54a	-2.71a	-2.26a	-0.71a	0.64e	0.19f

2.2.2 土千年健茎叶水浸液对尼泊尔酸模幼苗生理指标的影响 由表 3、4 可知,土千年健茎叶水浸液对尼泊尔酸模幼苗叶绿素 a、b 和总叶绿素含量的影响与

根水浸液相同,呈现出“低促高抑”的现象,不同浓度处理及其化感效应指数间有显著差异。在供体水浸液浓度低于 $0.02 \text{ kg} \cdot \text{L}^{-1}$ 时,伴随供体水浸液浓度的升高,

尼泊尔酸模幼苗叶绿素 a、b 和总叶绿素含量都不断增加,化感效应指数不断增大,当供体水浸液浓度达到 $0.02 \text{ kg} \cdot \text{L}^{-1}$ 时,尼泊尔酸模幼苗叶绿素 a、b 和总叶绿素含量的化感效应指数分别达 0.37、0.35、0.33,表现出明显的化感促进作用;当供体水浸液浓度从 $0.03 \text{ kg} \cdot \text{L}^{-1}$ 增加到 0.04 、 $0.05 \text{ kg} \cdot \text{L}^{-1}$ 时,尼泊尔酸模幼苗叶绿素 a、b 和总叶绿素含量开始急剧下降,供体水浸液浓度达到 $0.05 \text{ kg} \cdot \text{L}^{-1}$ 时,尼泊尔酸模幼苗叶绿素 a、b 和总叶绿素含量的化感效应指数为分别达 -1.54、-2.71 和 -2.26,表现出非常强烈的化感抑制效应。从表 3、4 可以看出,土千年健茎叶水浸液对尼泊尔酸模幼苗过氧化物酶活性的影响与根水浸液相同,依然呈现“一边倒的抑制”现象,不同浓度处理及其化感效应指数间有显著差异。伴随着供体水浸液浓度的不断升高,尼泊尔酸模幼苗过氧化物酶活性逐渐下降,当供体水浸液浓度达到 $0.05 \text{ kg} \cdot \text{L}^{-1}$ 时,尼泊尔酸模幼苗过氧化物酶活性的化感效应指数为 -0.71,呈现出明显的化感抑制效应。表 3、4 表明,土千年健茎叶水浸液对尼泊尔酸模幼苗丙二醛含量、脯氨酸含量的影响与根水浸液相同,还是“一边倒的促进”现象,总体上看,不同浓度处理及其化感效应指数间有显著差异。伴随着供体水浸液浓度的不断升高,尼泊尔酸模幼苗丙二醛含量、脯氨酸含量都不断增加,当供体水浸液浓度达到 $0.05 \text{ kg} \cdot \text{L}^{-1}$ 时,尼泊尔酸模幼苗丙二醛含量、脯氨酸含量的化感效应指数分别达 0.64、0.19,表现出明显的化感促进效应。

3 讨论与结论

该研究结果表明,2 种药用森林植物的化感作用和一般的非药用植物或非森林植物间的化感作用研究结果相似^[11-16],土千年健根、茎叶水浸液对尼泊尔酸模种子萌发、幼苗主根长度及其鲜质量和干质量、幼苗苗高及鲜质量和干质量、幼苗叶绿素含量的影响,呈现出了低浓度促进、高浓度抑制的“低促高抑”现象;但随着土千年健根、茎叶水浸液浓度的增大,尼泊尔酸模幼苗脯氨酸含量、丙二醛含量却逐渐升高,其对尼泊尔酸模幼苗过氧化物酶活性的抑制作用也逐渐增强。

随着供体根、茎叶水浸液浓度的不断增大,受体幼苗叶绿素含量不断降低,这必然导致受体幼苗光合作用效率的不断下降,从植物生理的源头上抑制了尼泊尔酸模幼苗的生长及其抗逆性^[17-20],加重了受体植物的逆境状态;受体幼苗过氧化物酶活性的不断下降,加剧了受体细胞膜脂过氧化作用,致使其细胞膜脂质过氧化物产物丙二醛不断积累^[17-20],从而进一步加剧了受体植株细胞乃至整个受体植株的受害程度,导致受体幼苗脯氨酸含量不断升高^[17-20],结合供体根、茎叶水浸液对受体种子萌发及其幼苗生长呈现出的“低促高抑”现象,可以证明,土千年健根、茎叶水浸液是通过抑制受体植株保护

酶活性和叶绿素的生成,加剧膜脂过氧化伤害及其细胞至整个植株的逆境状态,抑制受体种子萌发和幼苗生长而显示出化感效应的,且化感效应随着供体水浸液浓度的增大而增强。

比较分析供体植物土千年健的根和茎叶水浸液对受体植物尼泊尔酸模种子萌发及其幼苗生长的化感效应结果,可以看出供体植物茎叶的化感效应指数的绝对值都是大于根的化感效应指数的绝对值的,说明供体药用植物土千年健的茎叶对受体药用植物尼泊尔酸模的化感作用大于供体的根对尼泊尔酸模的化感作用。研究结果对药用植物的间作、套种和火灾后森林植被的人工恢复提供相应的指导,为探索火灾后化感作用对森林植被自然恢复的影响机制提供参考。

(致谢:对云南大学叶辉教授和杨树华教授给予的帮助表示感谢!)

参考文献

- [1] RICE E L. Allelopathy[M]. 2nd ed. Orlando: Academic Press, 1984.
- [2] 段昌群. 生态科学进展(第 3 卷)[M]. 北京: 高等教育出版社, 2007.
- [3] 李绍文. 生态生物化学(二): 高等植物之间的生化关系[J]. 生态学杂志, 1989, 8(1): 66-70.
- [4] FITTER A. Making allelopathy respectable[J]. Science, 2003, 301: 1337-1338.
- [5] INDERJIT, DUKE S O. Ecophysiological aspects of allelopathy[J]. Planta, 2003, 217: 529-539.
- [6] MULLER C H. Allelopathy as a factor in ecology process[J]. Vegetation, 1969, 18: 348-357.
- [7] 李天星, 徐建东. 滇中针阔混交林火烧迹地的天然更新[J]. 江苏农业科学, 2013, 41(2): 285-288.
- [8] 张志良. 植物生理学实验指导[M]. 2 版. 北京: 高等教育出版社, 1990.
- [9] 张志良, 翟伟菁, 李小芳. 植物生理学实验指导[M]. 4 版. 北京: 高等教育出版社, 2009.
- [10] 中国科学院上海植物生理研究所, 上海市植物生理学会. 现代植物生理学实验指南[M]. 北京: 科学出版社, 1999.
- [11] 孔垂华, 胡飞. 植物化感作用及其应用[M]. 北京: 中国农业出版社, 2001.
- [12] 阎凤鸣. 化学生态学[M]. 2 版. 北京: 科学出版社, 2011.
- [13] 孔垂华, 姜永根. 化学生态学前沿[M]. 北京: 高等教育出版社, 2010.
- [14] 梅玲笑, 陈欣, 唐建军. 外来杂草加拿大一枝黄花对入侵地植物的化感效应[J]. 应用生态学报, 2005, 16(12): 2379-2382.
- [15] 杨立学. 落叶松水浸液对胡桃楸种子萌发和幼苗生长的影响[J]. 应用生态学报, 2006, 17(6): 1145-1147.
- [16] 曾大力, 钱前, 滕胜, 等. 水稻化感作用的遗传分析[J]. 科学通报, 2003, 48(1): 70-73.
- [17] 余叔文, 汤章城. 植物生理与分子生物学[M]. 2 版. 北京: 科学出版社, 1998.
- [18] 赵福庚, 何龙飞, 罗庆云. 植物逆境生理生态学[M]. 北京: 化学工业出版社, 2004.
- [19] 蒋高明. 植物生理生态学[M]. 北京: 高等教育出版社, 2004.
- [20] WALTER L. 植物生态生理学[M]. 翟志席, 郭玉海, 马永泽, 等, 译. 北京: 化学工业出版社, 2004.

Allelopathy of Extract Solution of *Vaccinium fragile* on *Rumex nepalensis* in Burned Forestlands

LI Tianxing, YIN Qiulin

(School of Chemistry and Life Sciences, Chuxiong Normal University, Chuxiong, Yunnan 675000)

Abstract: In order to explore allelopathic on cultivation of medicinal plants and its mechanism of natural regeneration in burned forestlands, allelopathy and its mechanism of extract solution of *Vaccinium fragile* on seed germination and seedling growth of *Rumex nepalensis* were studied with the selection of the two medicinal plants of dominant species of coniferous broad-leaved forest in burned forestlands in central Yunnan Province. The results showed that seed germination, main root length and its fresh weight and dry weight of seedling, and seedling height and its fresh weight and dry weight, and content of chlorophyll of seedling of *R. nepalensis* were increased at lower concentration and decreased at higher concentration of extract solution of *V. fragile*; POD activity of seedling of *R. nepalensis* was gradually reduced, but MDA content and Pro content of seedling of *R. nepalensis* were promoted with the increasing concentration of extract solution of *V. fragile*. It was found that allelopathy of extract solution of *V. fragile* on *R. nepalensis* in burned forestlands occurred with the activity of enzyme, content of chlorophyll, seed germination and seedling growth inhibited and the degree of membrane lipid peroxidation and stress harm strengthened, and allelopathic of extract solution of *V. fragile* on *R. nepalensis* were increased with higher concentration of extract solution of *V. fragile*. So the research will give us an advice on cultivation of medicinal plants and man-made regeneration in burned forestlands.

Keywords: burned forestlands; allelopathy; *Vaccinium fragile* Franch; *Rumex nepalensis*

欢迎订阅 2017 年《玉米科学》

《玉米科学》1992 创刊,由吉林省农业科学院主办。玉米科学是我国惟一的玉米专业学术期刊,2004—2016 年连续 4 次入选全国中文核心期刊。先后被评为“吉林省一级期刊”、“吉林省科技类十佳期刊”、“吉林省名刊”、“中国北方优秀期刊”。2010 年,《玉米科学》被评为第二届吉林省新闻出版奖——期刊精品奖。《玉米科学》被收录为中国科学引文数据库(CSCD)来源期刊,被英国《国际农业与生物科学研究中心》、波兰《哥白尼索引》、美国《乌利希期刊指南》、《日本科学技术振兴机构中国文献数据库》等数据库收录。

2015 年版中国学术期刊影响因子年报(自然科学与工程技术—2015 版)显示,《玉米科学》总被引频次 5201,影响因子 1.291,其中他引影响因子 1.182;5 年影响因子 1.645,其中 5 年他引影响因子 1.499。影响力指数(CI)465.437,影响力指数学科排序 4/48。

《玉米科学》主要报道:遗传育种、品种资源、耕作栽培、生理生化、生物工程、土壤肥料、专家论坛、国内外玉米科研动态、新品种信息等方面的内容。适合科研、教学、生产及管理方面的人员参考。

《玉米科学》为双月刊,双月 15 日出版。大 16 开本,152 页,每期定价 15 元,全年 90 元。国内外公开发行,邮发代号:12—137,全国各地邮局(所)均可订阅,漏订者可直接向本刊编辑部补订。

地址:吉林省长春市生态大街 1363 号

邮编:130033

电话:0431—87063137

E-mail:ymkx@cjaas.com