

DOI: 10.5846/stxb201711061985

李欣欣, 赖金莉, 岳建华, 荣俊冬, 陈礼光, 陈凌艳, 何天友, 郑郁善. 毛竹各器官和根际土浸提液对杉木种子萌发的化感作用. 生态学报, 2018, 38(22): - .

Li X X, Lai J L, Yue J H, Rong J D, Chen L G, Chen L Y, He T Y, Zheng Y S. Allelopathy of *Phyllostachys pubescens* extract on the seed germination of Chinese fir. Acta Ecologica Sinica, 2018, 38(22): - .

毛竹各器官和根际土浸提液对杉木种子萌发的化感作用

李欣欣¹, 赖金莉², 岳建华³, 荣俊冬¹, 陈礼光¹, 陈凌艳², 何天友², 郑郁善^{1,*}

1 福建农林大学林学院, 福州 350002

2 福建农林大学园林学院, 福州 350002

3 信阳农林学院园艺学院, 信阳 464000

摘要:随着毛竹杉木混交林面积的不断扩大, 它们之间既会产生促进作用, 又会产生抑制作用。本研究对比分析了不同浓度毛竹各器官(鲜叶、干叶、枝条、竹秆、竹鞭和鞭根)的浸提液及枯落物、根际土浸提液对杉木种子发芽率的影响, 探讨了毛竹各器官浸提液及枯落物、根际土浸提液对杉木种子萌发的化感作用。结果表明: (1) 处理前期, 毛竹各器官浸提液对杉木种子萌发具有抑制作用, 且当浸提液浓度为 1:25 和 1:50 的高浓度时, 相对于低浓度浸提液对杉木种子萌发的抑制作用更为持久; (2) 处理后期, 低浓度的毛竹各器官浸提液对杉木种子萌发促进作用较快, 而高浓度的浸提液仍呈现抑制作用, 促进作用出现较为缓慢; (3) 枯落叶浸提液总体上对杉木种子萌发具有抑制作用, 在整个实验过程中低于对照组的发芽率, 仅在 1:50 浓度时略高对照组实验; 而根际土浸提液对杉木种子萌发自始至终都具有促进作用, 其中低浓度的促进作用十分显著。故在实际的毛竹杉木混交林生产营林过程中可选用毛竹根际土制备浸提液, 促进杉木种子萌发, 为毛竹杉木混交林的生产经营提供参考。

关键词:毛竹; 浸提液; 杉木种子; 化感作用

Allelopathy of *Phyllostachys pubescens* extract on the seed germination of Chinese fir

LI Xinxin¹, LAI Jinli², YUE Jianhua³, RONG Jundong¹, CHEN Liguang¹, CHEN Lingyan², HE Tianyou², ZHENG Yushan^{1,*}

1 College of Forestry, Fujian Agriculture and Forestry University, Fuzhou 350002, China

2 College of Landscape Architecture, Fujian Agriculture and Forestry University, Fuzhou 350002, China; 3. College of Horticulture, Xinyang Agriculture and Forestry University, Xinyang 464000, China

Abstract: Mixed forestry with bamboo (*Phyllostachys heterocycla* cv. *pubescens*) and Chinese fir (*Cunninghamia lanceolata*) has expanded; however, the relationship between the species is both positive and negative. In the present study, the influence of the extract of several organs (including fresh leaves, dry leaves, branches, stems, rhizomes, and roots), litter, and rhizosphere soil of *P. heterocycla* cv. *pubescens* on *C. lanceolata* seed germination, as well as the allelopathy between the two species were analyzed. The results showed that (1) the extract from the organs of *P. heterocycla* cv. *pubescens* inhibited *C. lanceolata* seed germination during the early stage of the process. Further, when the extract solution concentrations were high at 1:25 and 1:50, *C. lanceolata* seed germination inhibition was higher than that at the

基金项目: “十三五”国家重点研发计划项目(2016YFD0600902)

收稿日期: 2017-11-06; 网络出版日期: 2018-00-00

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: zys1960@163.com

lower concentrations. (2) Low concentrations of the extract promoted *C. lanceolata* seed germination, whereas high concentrations inhibited it during the late stage of the process and the effect appeared more slowly. (3) The litter extract inhibited *C. lanceolata* seed germination, except when the concentration was 1:50, the germination rate was slightly higher than that of the control. However, the extract liquid of rhizosphere soil generally promoted *C. lanceolata* seed germination; especially low concentrations, significantly enhanced germination. Therefore, the extract liquid of *P. heterocycla* cv. *pubescens* rhizosphere soil could be used to promote *C. lanceolata* seed germination in mixed forest management, and this study provided a reference for the mixed forest management and production of these two species.

Key Words: *Phyllostachys heterocycla* cv. *pubescens*; species extract; Chinese fir seed; allelopathy

毛竹 (*Phyllostachys heterocycla* cv. *Pubescens*), 属禾本科 (Gramineae) 竹亚科 (Bambusoideae) 刚竹属 (*Phyllostachys*) 的单子叶常绿乔木状竹类植物, 又称为楠竹、茅竹、猫头竹、孟宗竹、江南竹等^[1]。杉木 (*Cunninghamia lanceolata*) 为杉科 (Taxodiaceae) 杉木属 (*Cunninghamia*), 属于裸子植物, 具有速生、丰产的优点, 是我国南方主要的造林树种。但大面积的人工林多代连栽, 引起地力衰退、产量低等现象^[2], 而混交林可以使得这些问题得以改善, 陈琴等人研究发现固氮树种与杉木混交可以提高杉木根、茎、叶中的氮含量及酶活性^[3]; 徐永兴通过树干解析法和样地调查研究杉木与深山含笑 (*Michelia maudiae*) 混交林的净生产力, 发现混交林可以增强林分光合产物的积累, 增加养分回归, 促进林分内养分循环利用^[4]; 对杉木的众多研究发现, 混交林可以提升林分的养分循环、涵养水源, 提高生物多样性等^[5-7]。研究发现毛竹杉木混交可以改善土壤养分、土壤理化性质, 促进林分增长, 同时提高毛竹和杉木的生物量、生长量, 提高经济效益^[8-13]。

植物的化感作用指植物在自然界中通过自身的分泌挥发等途径向自然环境中释放化学物质, 这种物质会促进或抑制周围植物的生长发育^[14]。近年来, 国内学者对植物化感作用的研究比较多, 陈娟、白尚斌等人对毛竹浸提液对苦槠 (*Castanopsis sclerophylla*) 幼苗的生长进行了化感作用研究, 结果发现来源不同的毛竹浸提液对苦槠幼苗的化感效应是不相同的, 土壤的浸提液抑制苦槠幼苗的生长和光合作用, 而毛竹的茎秆、叶片和枯落物在低浓度时对苦槠的生长具有促进作用^[15]。王晓维、杨文亭等人用黑麦草 (*Lolium multiflorum* Lamk.) 的浸提液对水稻 (*Oryza sativa* L.)、大豆 (*Glycine max* L.) 和玉米 (*Zeamays* L.) 种子的萌发和幼苗的生长进行了化感作用研究, 结果发现黑麦草浸提液在低浓度时对水稻的发芽率具有促进作用, 而在一定程度上对大豆和玉米的发芽率具有抑制作用^[16]。梁倩倩、白尚斌等人用毛竹的茎叶、土壤和枯落物的浸提液对高羊茅 (*Festuca arundinacea*) 种子和幼苗进行处理, 设置不同的浓度梯度进行实验, 随着浸提液浓度的不断增大, 对高羊茅种子的发芽率、发芽势和萌发指数产生愈来愈强的抑制作用^[17]。刘雁、曹光球等人分别进行了木荷 (*Schima superba* Gardn. et Champ.) 和丝栗栲 (*castanopsis fargesii*) 叶片的浸提液对杉木种子的化感作用试验, 发现当浸提液在高浓度时, 浸提液对杉木种子的萌发和生长具有不同程度的促进作用, 随着浓度降低其促进作用也逐渐减弱^[18-19]。随着毛竹和杉木混交林的面积不断扩大, 也相继出现一些新的问题, 而从化感作用方面毛竹各器官浸提液对杉木种子的发芽率研究相对较少。本文以毛竹的各器官的浸提液为供体, 杉木种子为受体, 研究毛竹的各器官浸提液的浓度对杉木的种子萌发有何影响, 分析各器官浸提液对杉木种子的影响程度, 为毛竹和杉木混交林的研究提供参考。

1 材料与方法

1.1 实验材料

本试验所选的毛竹位于福建农林大学的百竹园内, 选取 3 a 生毛竹, 选取的毛竹株型需均匀, 生长旺盛, 高度和胸径大小一致, 无病虫害的影响。将选取的毛竹砍伐后, 采集中上部的竹叶、枝条、竹秆, 挖取竹鞭、鞭根及采集毛竹根部水平 40 cm×40 cm, 深度为 25 cm 内鞭根上的土壤和毛竹林下 40 cm×40 cm 范围内的枯落叶带回实验室进行处理。受试的杉木种子产于福建三明沙县, 由福建省林业厅提供的当年新种。

1.2 水浸提液的制备

将带回实验室的毛竹鲜叶分成两部分,一部分剪成为 5 mm×5 mm 的碎片,将剪碎的鲜叶混合,按照鲜重与超纯水 1:25(1 g 鲜叶 25 mL 的超纯水,下同)的体积比例在 37℃ 的恒温箱中浸泡 24 h,随后过滤备用。另一部分鲜竹叶、枝条、竹秆、竹鞭、鞭根、根际土和枯落叶在 40℃ 的干燥箱中烘干、粉碎,用 0.5 mm 的过滤网过滤。将各部分的粉末分别按照鲜重与超纯水 1:25 的体积比例在恒温箱中浸提 24 h,过滤备用。将所得到的 8 种滤液用 0.5 μm 的水系滤膜除杂灭菌,得到浸提液,将其放到 4℃ 冰箱备用。

1.3 种子发芽试验

采用培养皿滤纸法进行试验,选用直径为 15 cm 的培养皿和定性滤纸作为发芽床,将培养皿和滤纸在高压锅中灭菌 30 min,烘干备用。发芽过程在 PQX 型多段可编程人工气候箱(宁波东南仪器有限公司)进行,箱内温度为(25±1)℃,湿度(60±2)%。将 2 层滤纸平铺在培养皿中,每个培养皿放 100 粒种子,加入蒸馏水,使滤纸保持湿润。根据前人的研究^[15-17],对水浸提液设置不同的梯度,将毛竹不同部位的浸提液分别配置成 1:25、1:50、1:100 和 1:200 浓度的处理液,以蒸馏水为对照组,每个处理设 3 次重复,每天每个培养皿分别加入对应浓度的浸提液 1 mL。当天为第 1 d,从第 3 d 开始,每天在固定时间观察 1 次,观察时以胚根突出种皮 1—2 mm 为准,记录发芽数,直至发芽终止,最后统计发芽率和发芽势。

1.4 实验数据处理分析

种子质量的检验指标取决于发芽率和发芽势的好坏,发芽率表示种子的发芽能力,发芽势表示种子的发芽速度,杉木种子的涩粒和坏粒较多,故而选用绝对发芽率和绝对发芽势指标进行统计测定。

$$\text{绝对发芽率} = [\text{总发芽数} / (100 - \text{无效粒数})] \times 100\%$$

$$\text{绝对发芽势} = [\text{发芽种子高峰时正常发芽粒数} / (100 - \text{无效粒数})] \times 100\%$$

式中,无效粒数指杉木种子的涩粒数和坏粒数

将所观察到的数据记录,用 Excel 软件进行处理整理,然后运用 SPSS 19.0 软件对所整理的数据进行比较分析。

2 结果与分析

2.1 毛竹鲜叶浸提液对杉木种子发芽的化感作用

不同浓度的浸提液,杉木种子的发芽率也不相同。实验时选取一个无菌水的空白管作为对照组,由图 1 可知与对照组相比较,当用 1:200 浓度的浸提液处理时,杉木种子的发芽率从始至终一直高于对照组,说明 1:200 浓度的毛竹鲜叶浸提液对杉木种子的发芽具有显著的促进作用。而 1:25、1:50、1:100 浓度的浸提液在前期都低于对照组,随后会有所高于对照组,但其维持一段时间后又低于对照组,说明当在 1:25、1:50、1:100 浓度的浸提液时,在前期对杉木种子萌发具有抑制作用,中期是促进作用,而后期又转变为抑制作用,即具有阶段性,而促进程度有一定的局限性。由此可知,浓度不同的毛竹鲜叶浸提液对杉木种子的发芽总体上表现为促进作用,在低浓度下促进作用表现得更为明显(图 1)。

毛竹鲜叶的浸提液在各个浓度都对杉木种子的绝对发芽率具有促进作用,在 1:200 浓度时毛竹鲜叶浸提液对杉木种子的绝对发芽率促进作用呈极显著作用。而毛竹鲜叶浸提液对杉木种子的绝对发芽势在前期具有抑制作用,后期具有促进作用,在 1:25、1:50 浓度时对杉木种子的绝对发芽势呈现抑制作用,在 1:100 和

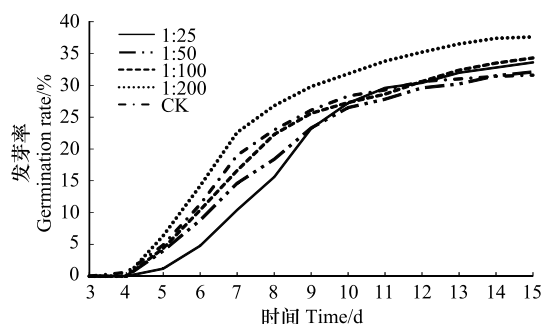


图 1 毛竹鲜叶浸提液对杉木种子发芽率的影响

Fig. 1 Effect of fresh bamboo leafage water extract on germination percentage of Chinese fir seeds

1:200浓度时对杉木种子的绝对发芽势呈显著促进作用(表1)。

表1 毛竹鲜叶浸提液对杉木种子发芽的影响

Table 1 Effect of fresh bamboo leafage water extract on germination of Chinese fir seeds

浓度 Concentration/(g/mL)	绝对发芽率 Absolute germination percentage/%	绝对发芽势 Absolute germinability/%
1:25	77.3±1.1ABa	42.4±0.4Aab
1:50	72.1±3.6ABab	40±4.3Ab
1:100	80.5±3.9ABa	53.2±5.1Aa
1:200	83.9±6.9Aa	52.1±4.3Aa
CK	63.2±1.4Bb	49.1±0.3Aab

同一列标有不同字母表示处理间差异显著($P<0.05$);标有不同大写字母表示处理间差异极显著($P<0.01$)

2.2 毛竹干叶浸提液对杉木种子发芽的化感作用

浓度不同的毛竹干叶水浸提液对杉木种子的发芽率具有显著作用,当浸提液的浓度为1:100和1:200时,毛竹干叶的浸提液在前期对杉木种子的萌发具有抑制作用,后期逐渐对杉木种子的萌发具有促进作用,而当毛竹干叶的浸提液在1:25、1:50浓度时,浸提液对杉木种子的萌发一直都是抑制作用。由此可知,毛竹干叶的浸提液为低浓度时对杉木种子的萌发具有促进作用,在高浓度时具有抑制作用(图2)。

随着浸提液浓度的降低,杉木种子的绝对发芽率逐渐增大,但在1:100浓度时绝对发芽率达到最大,此时浓度对杉木种子的绝对发芽率具有极显著促进作用。而对杉木种子的绝对发芽势在1:50浓度时达到极显著作用,在1:100和1:200浓度时绝对发芽率低于对照值,具有抑制作用(表2)。

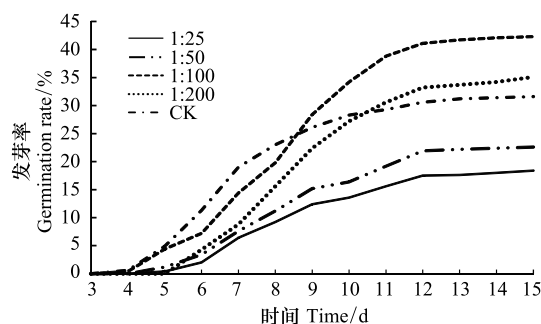


图2 毛竹干叶浸提液对杉木种子发芽率的影响

Fig.2 Effect of dried bamboo leafage water extract on germination percentage of Chinese fir seeds

表2 毛竹干叶水浸提液对杉木种子发芽的影响

Table 2 Effect of dried bamboo leafage water extract on germination of Chinese fir seeds

浓度 Concentration/(g/mL)	绝对发芽率 Absolute germination percentage/%	绝对发芽势 Absolute germinability/%
1:25	36.8±2.1Dc	55.1±4.8ABab
1:50	48.2±4.7CDc	63.8±5.6Aa
1:100	84.1±5.0Aa	43.0±1.9Bb
1:200	73.4±4.7ABab	43.8±3.2Bb
CK	63.2±0.8BCb	49.1±0.3Aab

2.3 毛竹枯落物浸提液对杉木种子发芽的化感作用

毛竹枯落物的浸提液在各个浓度下对杉木种子的萌发影响曲线与对照组的曲线基本一致,没有特别大的起伏,各个浓度的枯落物浸提液对杉木种子的萌发影响在早期都具有抑制作用,只有1:50浓度的枯落物浸提液对杉木种子的萌发影响曲线在后期上升,高于对照组曲线,其他各浓度在前期都一致,影响曲线都低于对照组的曲线。由此可以说明毛竹枯落物的水浸提液对杉木种子的萌发在前期都是具有抑制作用的,在后期时只有1:50浓度的毛竹枯落物浸提液对杉木种子的萌发具有促进作用,但其促进作用不显著,而其他浓度的浸提液仍是抑制作用(图3)。

各浓度对杉木种子的绝对发芽率未呈现显著促进作用或抑制作用,绝对发芽率与对照组相比差别都较

小。对杉木种子的绝对发芽势在 1:50 浓度时呈现显著促进作用,与其他浓度也没有表现出显著作用(表 3)。

表 3 毛竹落叶浸提液对杉木种子发芽的影响
Table 3 Effect of bamboo defoliation water extract on germination of Chinese fir seeds

浓度 Concentration/(g/mL)	绝对发芽率 Absolute germination percentage/%	绝对发芽势 Absolute germinability/%
1 :25	59.2±3.9Aa	55.1±4.8ABab
1 :50	64.7±2.5Aa	63.8±5.6Aa
1 :100	61.1±2.7Aa	43.0±1.9Bb
1 :200	62.7±4.0Aa	43.8±3.2Bb
CK	63.2±0.8Aa	49.1±0.3ABb

2.4 毛竹枝条浸提液对杉木种子发芽的化感作用

各个枝条的水浸提液浓度之间的差异较小,从图中可以看出,各浓度处理的曲线在前期都低于对照组的曲线,在处理 6 d 后都逐渐高于对照组的曲线,而 1:25 浓度的曲线直到第 10 d 才高于对照组曲线的。说明毛竹枯落物各浓度的浸提液在前期对杉木种子的萌发都是具有抑制作用的,在后期都是具有促进作用的,低浓度的促进作用比高浓度的更为明显(图 4)。

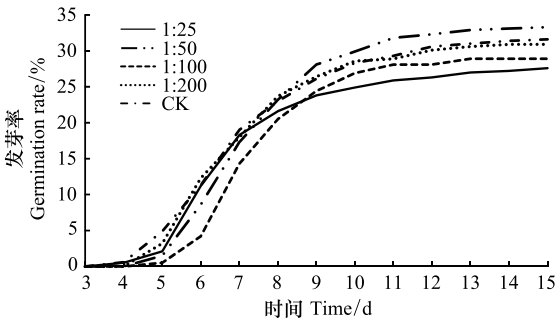


图 3 毛竹枯落物水浸提液对杉木种子发芽率的影响
Fig.3 Effect of bamboo defoliation water extract on germination percentage of Chinese fir seeds

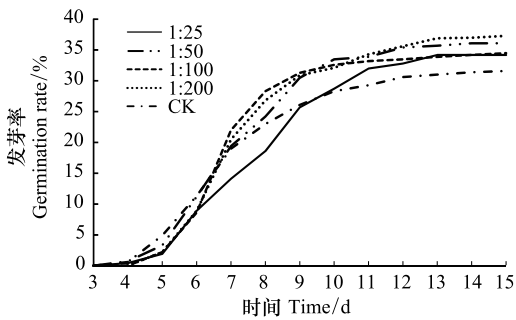


图 4 毛竹枝条水浸提液对杉木种子发芽率的影响
Fig.4 Effect of bamboo branches water extract on germination percentage of Chinese fir seeds

由表 4 可得,枝条的浸提液在 1:200 浓度时对杉木种子的绝对发芽率具有极显著的促进作用,各个浓度的浸提液对杉木种子的绝对发芽率都高于对照值。各浓度对绝对发芽势的影响不同,在 1:100 浓度时,浸提液对杉木种子的绝对发芽势呈现极显著的促进作用(表 4)。

表 4 毛竹枝条水浸提液对杉木种子发芽的影响
Table 4 Effect of bamboo branches water extract on germination of Chinese fir seeds

浓度 Concentration/(g/mL)	绝对发芽率 Absolute germination percentage/%	绝对发芽势 Absolute germinability/%
1 :25	69.2±4.7ABb	53.5±1.9BCc
1 :50	73.5±4.5ABab	48.3±0.9Cc
1 :100	69.8±2.0ABb	74.0±1.5Aa
1 :200	85.4±5.4Aa	59.9±2.6Bb
CK	63.2±0.8Bb	49.1±0.3Cc

2.5 毛竹茎秆的浸提液对杉木种子发芽的化感作用

毛竹的竹秆浸提液在各个浓度对杉木种子发芽率的影响曲线规律与装有无菌水的对照组曲线基本相同,由图 5 的曲线可知,在第 7 d 以前,各浓度的毛竹竹秆浸提液对杉木种子的发芽率的影响曲线都低于对照组

的曲线,从第 7 d 后 1:100 和 1:200 浓度的浸提液曲线都逐渐上升,高于对照组的曲线,其他两个曲线仍低于对照组的曲线。由此说明,在第 7 d 之前,毛竹的竹秆浸提液在各个浓度都对杉木种子的发芽具有抑制作用,而在 7 d 后 1:100 和 1:200 浓度的浸提液对杉木种子的发芽具有促进作用,1:25 和 1:50 两个高浓度浸提液仍对种子发芽具有抑制作用,1:100 浓度的浸提液对种子发芽的促进作用比 1:200 浓度的显著,1:100 浓度的浸提液更有利于促进杉木种子发芽(图 5)。

毛竹竹秆浸提液的各个浓度对杉木种子的绝对发芽率都未呈现显著作用,在 1:25 和 1:50 的高浓度时低于对照值,对种子的萌发具有抑制作用。而对杉木种子的绝对发芽率在 1:100 浓度时呈现极显著的促进作用(表 5)。

表 5 毛竹竹秆水浸提液对杉木种子发芽的影响

Table 5 Effect of bamboo stems water extract on germination of Chinese fir seeds

浓度 Concentration/(g/mL)	绝对发芽率 Absolute germination percentage/%	绝对发芽势 Absolute germinability/%
1:25	52.7±2.5Bc	53.5±1.9BCc
1:50	60.1±5.0ABbc	48.3±0.9Cc
1:100	73.8±4.8Aa	74.0±1.5Aa
1:200	69.6±4.9ABab	59.9±2.6Bb
CK	63.2±0.8ABabc	49.1±0.3Cc

2.6 毛竹竹鞭的浸提液对杉木种子发芽的化感作用

毛竹竹鞭的浸提液对杉木种子的发芽率影响曲线与对照组的曲线规律都基本一致,并且两者差异不显著,只有 1:200 浓度的毛竹竹鞭浸提液对杉木种子发芽率的影响曲线在第 12 d 后略高于对照组曲线,但差异仍不显著。1:25、1:50 和 1:100 浓度的毛竹竹鞭浸提液均低于对照组的影响曲线。说明毛竹竹鞭的浸提液只有在 1:200 低浓度后期时才会对杉木种子的萌发有略微的促进作用,前期仍是抑制作用,高浓度的毛竹竹鞭浸提液始终都对杉木种子的萌发具有抑制作用(图 6)。

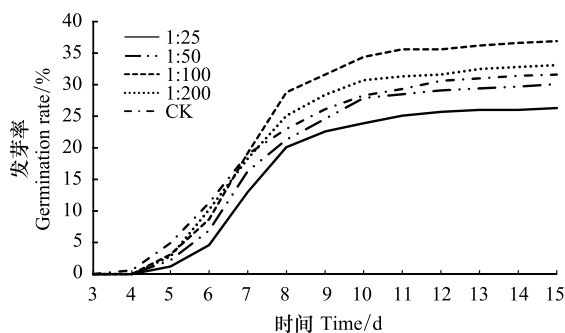


图 5 毛竹竹秆水浸提液对杉木种子发芽率的影响

Fig.5 Effect of bamboo stems water extract on germination percentage of Chinese fir seeds

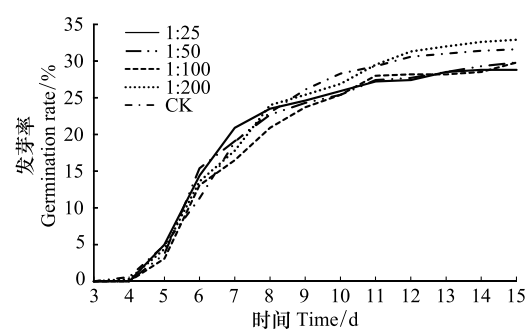


图 6 毛竹竹鞭水浸提液对杉木种子发芽率的影响

Fig.6 Effect of bamboo rhizome water extract on germination percentage of Chinese fir seeds

毛竹竹鞭浸提液对杉木种子的绝对发芽势都未呈现显著作用,只有在 1:200 浓度时的绝对发芽率高于对照组,其他浓度都低于对照组。竹鞭的浸提液对绝对发芽势的影响都高于对照组,都具有促进作用,但在 1:50 浓度时呈现极显著的促进作用(表 6)。

2.7 毛竹鞭根的浸提液对杉木种子发芽的化感作用

毛竹鞭根的浸提液对杉木种子发芽率的影响曲线差异较大,在杉木种子萌发的前期,所有浓度的浸提液对杉木种子萌发的影响曲线都低于对照组,在第 9 d 后 1:100 的浸提液影响曲线高于对照组,其他几个浓度的

曲线仍低于对照组。可知在杉木种子萌发的前期,各个浓度的毛竹鞭根浸提液均对其有抑制作用,只有在后期时 1:100 浓度的浸提液对其有促进作用,其他仍起抑制作用,1:25 浓度的浸提液对杉木种子萌发的影响作用最为明显(图 7)。

表 6 毛竹鞭根水浸提液对杉木种子发芽的影响

Table 6 Effect of bamboo rhizome water extract on germination of Chinese fir seeds

浓度 Concentration/(g/mL)	绝对发芽率 Absolute germination percentage/%	绝对发芽势 Absolute germinability/%
1:25	57.5±1.9Ab	51.9±1.6ABbc
1:50	59.5±0.9Aab	71.0±5.1Aa
1:100	59.6±2.7Aab	62.7±4.1ABabc
1:200	67.1±4.1Aa	64.3±6.9ABab
CK	63.2±0.8Aab	49.1±0.3Bc

毛竹鞭根浸提液浓度对杉木绝对发芽率除 1:100 浓度外,其余绝对发芽率都低于对照组,当浸提液浓度为 1:100 时,毛竹鞭根浸提液对杉木种子的绝对发芽势呈现极显著的促进作用。而浸提液对杉木的绝对发芽势在 1:50 浓度时低于对照组,在其他浓度时对绝对发芽势的影响均不显著(表 7)。

表 7 毛竹鞭根水浸提液对杉木种子发芽的影响

Table 7 Effect of bamboo root water extract on germination of Chinese fir seeds

浓度 Concentration/(g/mL)	绝对发芽率 Absolute germination percentage/%	绝对发芽势 Absolute germinability/%
1:25	36.9±3.1Cc	60.3±0.3Aa
1:50	52.7±5.0BCb	47.5±1.6Cc
1:100	79.5±5.1Aa	53.0±0.4Bb
1:200	61.7±4.1ABb	58.1±1.0Aa
CK	63.2±0.8ABb	49.1±0.3BCc

2.8 毛竹根部土的浸提液对杉木种子发芽的化感作用

从图 8 可知,各个浓度的毛竹根部土的浸提液曲线都高于对照组的影响曲线,且差异较显著,说明毛竹根部土的浸提液对杉木种子的萌发具有促进作用,且从图中可以看出,浸提液浓度愈低,对种子萌发的影响越显著,越能促进杉木种子的萌发(图 8)。

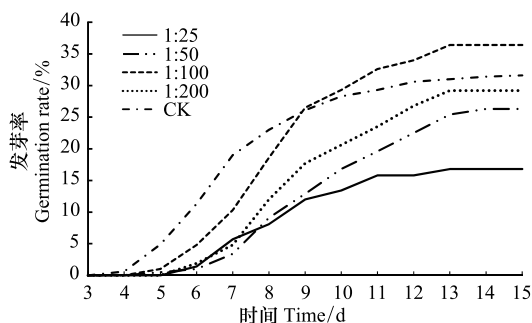


图 7 毛竹鞭根水浸提液对杉木种子发芽率的影响

Fig. 7 Effect of bamboo root water extract on germination percentage of Chinese fir seeds

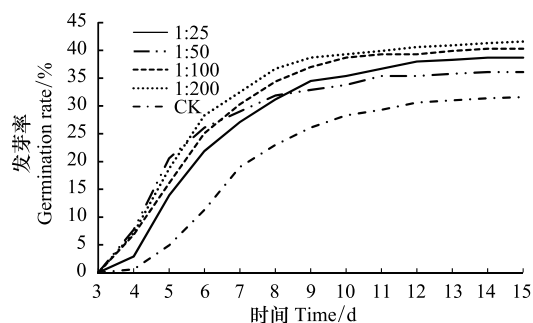


图 8 毛竹根际土水浸提液对杉木种子发芽率的影响

Fig. 8 Effect of bamboo rhizosphere soils water extract on germination percentage of Chinese fir seeds

根际土的浸提液对杉木种子的绝对发芽势影响显著,都高于对照组,具有显著的促进作用,且在 1:200 浓度时具有极显著性的促进作用。而对绝对发芽势影响相对较小,在 1:50 和 1:200 浓度时具有显著的促进作用

(表 8)。

表 8 毛竹根际土水浸提液对杉木种子发芽的影响

Table 8 Effect of bamboo rhizosphere soils water extract on germination of Chinese fir seeds

浓度 Concentration/(g/mL)	绝对发芽率 Absolute germination percentage/%	绝对发芽势 Absolute germinability/%
1:25	77.3±1.1ABa	57.4±3.6ABab
1:50	72.1±3.6ABab	67.7±3.9Aa
1:100	80.5±3.9ABa	48.2±0.7Bb
1:200	83.9±6.9Aa	67.5±5.2Aa
CK	63.2±0.8Bb	49.1±0.3Bb

3 结论与讨论

3.1 结论

从化感作用方面分析,毛竹不同器官不同浓度的浸提液对杉木种子的萌发影响情况不同,差异显著,有的抑制萌发,有的促进种子萌发。总体上各个器官的浸提液表现为高浓度起抑制作用,低浓度起促进作用,总体得出如下结论:

(1)毛竹鲜叶的浸提液在 1:200 的低浓度时对杉木种子萌发具有促进作用,干叶也是低浓度时促进其种子萌发,两者都是在后期具有促进作用,前期仍然限制种子的萌发,说明毛竹干叶和鲜叶的浸提液对种子的萌发并无较大区别。

(2)毛竹枯落叶的浸提液对杉木种子的萌发具有抑制作用,在种子的萌发过程中发芽率低于对照实验的发芽率,仅在 1:50 的浓度时略高于对照实验,这与前人^[20-22]的研究结果是不相同的,表明毛竹枯落叶的浸提液总体上会抑制杉木种子的萌发,不能作为促进杉木种子萌发的外界条件。

(3)毛竹枝条的浸提液各个浓度在前期抑制杉木种子的萌发,后期都促进了种子的萌发,并且低浓度的比高浓度的较早出现促进作用。

(4)毛竹竹杆、竹鞭和鞭根的浸提液对杉木种子的萌发都既有抑制作用又有促进作用,并且都在前期具有抑制作用,后期只是低浓度的具有促进作用,而高浓度的仍是抑制作用。

(5)毛竹根际土的浸提液对杉木种子萌发发芽的影响比较显著,在整个萌发过程中都具有促进作用,而且高低浓度从始至终都是促进作用,低浓度的促进作用比高浓度的显著。

3.2 讨论

各器官浸提液对杉木种子萌发的化感作用都遵循低浓度促进,高浓度抑制的规律,这与学者梁倩倩等人用毛竹浸提液对高羊茅种子萌发的影响研究的结果基本相似^[17,23-24],都是随着浓度的增加,毛竹浸提液对种子的萌发抑制作用愈强。化感作用主要是通过自身释放化学物质而对自身或其他物种产生有利或阻碍作用。从本研究中可发现,毛竹鲜叶和干叶的浸提液对杉木种子萌发的影响差别较小,说明毛竹叶水分的减少并不会影响其浸提液的物质含量,从而影响杉木种子的发芽率。毛竹的枝条、竹杆、枯落叶、竹鞭和鞭根的浸提液对杉木的萌发都是前期抑制,后期促进,且都是低浓度促进,高浓度抑制。毛竹枝条和竹杆都是属于毛竹的地上部分,两者通常不易掉落,在毛竹与杉木混交林中,对杉木种子的萌发影响较小。毛竹的枯落叶脱离树体,长时间缺失养分,体内物质流失,活性降解,产生自毒作用,且抑制杉木种子的萌发。竹鞭和鞭根属于毛竹的地下部分,与杉木种子的直接掉落发芽影响也相对较小。只有毛竹的根际土浸提液对杉木种子的萌发是一直起促进作用的,其原因可能是根际土中的营养物质丰富,有某种微生物或物质促进杉木种子发芽^[25-26],而其他器官在前期都会对杉木种子发芽具有抑制作用,所以在毛竹和杉木混交种植时,及时清理掉落在地上的枯枝落叶,防止影响杉木种子的发芽生长,在有限的条件下对混交林地进行浅翻,促进杉木种子的萌发生长。毛

竹浸提液和杉木种子发芽的化感作用复杂多样,很多影响因子还需进一步探究,本文仅基于室内的测试、分析,未来的研究还应将室内与野外实验相结合去分析两者的机理关系。

参考文献(References):

- [1] 郑郁善,洪伟.毛竹经营学.厦门:厦门大学出版社,1998:23-33.
- [2] 陈楚莹,张家武,周崇莲,郑鸿元.改善杉木人工林的林地质量和提高生产力的研究.应用生态学报,1990,1(2):97-106.
- [3] 陈琴,黄开勇,戴俊,陈代喜,蓝肖,程琳,陈晓明,李魁鹏.混交模式下固氮树种对杉木氮含量及其酶活性的影响.南方农业学报,2016,47(4):608-613.
- [4] 徐永兴.杉木-深山含笑混交林及其纯林乔木层的净生产力研究.浙江林业科技,2017,37(1):47-50.
- [5] 周铭忠.杉木与不同阔叶树种混交造林试验.安徽农学通报,2017,23(8):104-105.
- [6] 吴擢溪,陈礼光,吴擢城,吴淑平,陈鸿,张宏梓.杉木与米老排等阔叶树混交林的水源涵养功能.福建林业科技,2017,44(3):43-46.
- [7] 叶礼东.杉木纯林和混交林草灌层植物多样性分析.福建林业,2016,(3):27-29,39-39.
- [8] 唐健.杉木、毛竹混交造林技术的探讨.现代园艺,2016,(8):44-45.
- [9] 张润生.毛竹杉木混交造林对土壤养分及林木生长的影响.福建林业科技,2012,39(2):74-78.
- [10] 刘春华.毛竹杉木混交林生产力和空间结构研究.海峡科学,2008,(8):33-35.
- [11] 李少青.毛竹杉木混交造林对土壤养分及林木生长的影响.现代园艺,2014,(18):10-11.
- [12] 余奕然.杉木毛竹混交林土壤理化性状研究.福建林业科技,2011,38(3):74-77.
- [13] 郝炜,姜华年,金爱武,骆争荣,赖俊声.散生杉木对毛竹空间分布和胸径的影响.福建林业科技,2015,42(4):93-97,111-111.
- [14] 柴强,黄高宝.植物化感作用的机理、影响因素及应用潜力.西北植物学报,2003,23(3):509-515.
- [15] 陈娟,白尚斌,周国模,王懿祥,梁倩倩,程艳艳,沈蕊.毛竹浸提液对苦槠幼苗生长的化感效应.生态学报,2014,34(16):4499-4507.
- [16] 王晓维,杨文亭,王淑彬,黄国勤,赵其国.黑麦草浸提液对水稻、大豆和玉米种子萌发及幼苗生长的影响.江西农业大学学报,2014,36(3):470-475.
- [17] 梁倩倩,白尚斌,周国模,王懿祥,廖娟.毛竹浸提液对高羊茅种子萌发及幼苗生长的影响.浙江农业学报,2012,24(3):434-439.
- [18] 曹光球.杉木自毒化感物质及其与主要伴生树种化感物质作用的研究[D].福州:福建农林大学 2001:20-36.
- [19] 刘雁,林思祖,曹光球,杜玲.杉木及其伴生树种化感物质的分离与生物测定.福建林学院学报,2001,21(3):268-271.
- [20] 林思祖,黄世国,曹光球,黄志群.杉木自毒作用的研究.应用生态学报,1999,10(6):661-664.
- [21] 曹光球,林思祖,胡宗庆,刘学芝,王凌霄.腐解3个月后杉木枯枝落叶及腐殖土中的化感成分对杉木种子的化感效应.植物资源与环境学报,2007,16(4):56-60.
- [22] 庄正,李艳娟,刘青青,杨振,刘博,刘爱琴.凋落物浸提液对杉木种子萌发及幼苗的影响.森林与环境学报,2017,37(1):29-33.
- [23] Hesammi E. Effect of allelopathic weeds on characteristics seed growth in maize (*Zea mays* L. cv. KSC 704). Advances in Environmental Biology, 2012, 6(1): 297-301.
- [24] Usuah P E, Udom G N, Edem I D. Allelopathic effects of some weeds on the germination of selected seeds of crops grown in Akwa Ibom State Nigeria. Agronomy Journal, 2013, 1(1): 23-33.
- [25] 甘霖.荒漠化植物四合木内生及根际土壤放线菌分离及促生特性研究[D].呼和浩特:内蒙古农业大学,2017.
- [26] 祁红艳.氮磷根际效应:毛竹扩张的潜在策略[D].南昌:江西农业大学,2014.