

薄壳山核桃等3树种叶片水浸液对茶树 种子萌发和幼苗生长的影响

杨巨仙^{1,2}, 窦全琴^{1*}

(1. 江苏省林业科学研究院, 江苏 南京 211153; 2. 南京林业大学生物与环境学院, 江苏 南京 210037)

摘要:为了探讨薄壳山核桃、板栗和杨梅与茶树复合栽培对茶树(*Camellia sinensis*)种子萌发和幼苗生长的影响,采用蒸馏水浸提法收集3个树种叶片化感物质,研究不同质量浓度(2.5, 5, 25, 50, 100 mg FW/mL)水浸液对茶树种子萌发和幼苗生长的影响。结果表明:3个树种叶片水浸液对茶树种子萌发均有一定程度的化感作用。薄壳山核桃和杨梅叶片水浸液对茶树种子发芽率有显著的抑制作用;板栗叶片水浸液各处理的种子发芽率与对照无显著差异。发芽指数和活力指数在供体高质量浓度(50—100 mg FW/mL)下均有不同程度的化感抑制作用,抑制强度随着水浸液浓度的增加而增加;薄壳山核桃、杨梅叶片水浸液各处理间茶树幼苗苗高、鲜(干)质量均呈显著性差异,但根系生长差异不显著。薄壳山核桃叶水浸液随着质量浓度升高,苗高、根长和鲜(干)质量均呈逐渐递减趋势;杨梅叶水浸液对苗高、根系和鲜(干)质量表现出低质量浓度促进,高质量浓度抑制的双重浓度效应,各处理间鲜(干)质量差异显著,但均与对照无显著性差异;综合供体植物化感效应,3个树种叶片水浸液对茶树种子萌发和幼苗生长综合效应(SE)值为负,均表现出抑制作用,其中对茶树种子萌发均具有较强的抑制作用,低质量浓度2.5 mg FW/mL下,薄壳山核桃与板栗的抑制作用均高于杨梅,在高质量浓度100 mg FW/mL下杨梅叶片水浸液处理SE绝对值最大,其次为薄壳山核桃,但均高于板栗。3个树种对茶幼苗的化感作用不尽相同,薄壳山核桃与板栗叶水浸液各浓度处理均对茶树幼苗生长产生抑制作用,而杨梅叶水浸液对茶树幼苗生长表现出“低促高抑”双重效应。综合而言,3个树种叶片水浸液各质量浓度对茶树种子萌发的抑制作用大于促进茶幼苗生长。

关键词:薄壳山核桃;板栗;杨梅;水浸液;化感作用;茶树;种子萌发;幼苗生长

中图分类号:Q948.12⁺2.1;S571.1;S664.1 **文献标志码:**A **doi:**10.3969/j.issn.1001-7380.2022.03.001

Allelopathic effects of leaf aqueous extracts from three plant species on tea (*Camellia sinensis*)

Yang Juxian^{1,2}, Dou Quanqin^{1*}

(1. Jiangsu Academy of Forestry, Nanjing 211153, China;

2. College of Biology and the Environment, Nanjing Forestry University, Nanjing 210037, China)

Abstract: To probe the feasibility of interplanting model, we studied the allelopathic effects of different concentration leaf aqueous extracts (2.5, 5, 25, 50, 100 mg FW/mL) from *Carya illinoensis*, *Castanea mollissima* and *Myrica rubra* on the seed germination and seedling growth of tea (*Camellia sinensis*). Results showed that: 1. Compared to those of distillation water treatment, seed germination and seedling stem growth of tea were significantly inhibited by leaf aqueous extracts of *C. illinoensis* when concentration was higher than 25 mg FW/mL; 2. Different concentration leaf aqueous extracts of *C. mollissima* had no significant inhibitory effect on seed germination of *C. sinensis*, but the seedling root growth was improved

收稿日期:2022-04-10;修回日期:2022-04-30

基金项目:江苏省重点研发计划(现代农业)项目“薄壳山核桃绿色高效复合栽培技术研究”(BE2019397)

作者简介:杨巨仙(1990—),女,山西太原人,硕士。主要从事植物生理学研究。

* 通信作者:窦全琴(1965—),女,河南沈丘人,研究员,大学本科毕业。主要从事森林栽培学研究。

at lower levels and inhibited at higher levels. Moreover, with the increase of concentration, the inhibitory effects on seedling fresh weight and dry weight were gradually increased. 3. Seed germination of tea was significantly inhibited by leaf aqueous extracts of *M. rubra* when concentration was higher than 100 mg FW/mL; with the increase of concentration, the inhibitory effect on the seedling stem growth was gradually increased, but the tea seedling fresh weight and dry weight were improved at lower levels and inhibited at higher levels. The order of the general allelopathic effect of leaf aqueous extracts from that three plant species on tea seed germination and seedlings growth was *C. illinoensis*>*M. rubra*>*C. mollissima*.

Key words: *Carya illinoensis*; *Castanea mollissima*; *Myrica rubra*; Aqueous extract; Allelopathic effect; *Camellia sinensis*; Seed germination; Seedling growth

植物化感作用是指植物之间植物化感物质对周围环境中其他植物生长产生抑制或促进的作用^[1-2]。化感物质一般分为初级代谢物和次级代谢物,但在植物的相互作用中起主要作用的是次级代谢物^[3-4]。研究者多采用蒸馏水浸提的方法来模拟自然状态中雨水淋溶释放化感物质的途径,其作用强度由化感物质的活性和浓度决定,表现出对周边植物的抑制、促进或无作用^[5-6]。薄壳山核桃(*Carya illinoensis*)为胡桃科山核桃属落叶大乔木,原产美国,我国引种已有百余年历史,云南、浙江、安徽、江苏等省已大面积推广种植,是世界著名的优质干果、木本油料和珍贵用材等多用途树种,具有良好的经济价值与发展潜力。近年来已有学者对薄壳山核桃叶、青皮及种子和种壳水浸液对农作物等化感作用进行研究,张博等研究了薄壳山核桃和山核桃 2 种植物叶片水浸提液对刺槐、萝卜、黑麦草种子萌发和幼苗生长的化感作用,并提取鉴定出薄壳山核桃叶片中所含有的化感物质胡桃醌含量高于山核桃^[7];张权等试验测定了薄壳山核桃叶及青皮水浸液处理对小麦等 3 种受体植物的种子萌发和幼苗生长的影响,在同浓度下,薄壳山核桃叶水浸液处理对 3 种受体植物的促进作用最强,而青皮水浸液处理对 3 种受体植物的抑制作用最强^[8];陈亚辉等以狼尾草、大葱等 4 种植物种子为材料,分析美国山核桃叶片浸提液对种子萌发的影响^[9];朱海军等报道了薄壳山核桃种子对自身及种壳浸提液、腐解液对杂交狼尾草萌发和幼苗生长的影响^[10]。板栗(*Castanea mollissima* Bl.)是壳斗科、栗属落叶乔木,是重要的干果经济树种,除青海、宁夏、新疆、海南等少数省区外广布我国南北各地^[11]。针对板栗化感作用研究,有学者测试研究板栗叶水浸液对商洛丹参幼苗酶活性呈“低促高抑”效应,通过对板栗落叶不同浓度浸提液对掌叶半夏种子发芽率及幼苗生长的测定,初步认为掌叶半夏和板栗能够间作^[12-13]。李晓娟等采用液相色谱-质谱联用仪(LC-

MS)鉴定美国板栗与栗化感作用最强分离组分中存在绿原酸、对羟基苯甲酸、原儿茶酸和没食子酸等物质,栗叶化感效应强于美国板栗,当板栗叶水浸液质量浓度为 0.5 mg/mL 时显著抑制莴苣、萝卜和洋葱种子萌发及幼根生长,这表明栗叶具有选择性的化感作用^[14]。杨梅(*Myrica rubra*)为杨梅科杨梅属常绿果树,原产于我国东南部浙江、江苏、福建等省,日本、朝鲜和菲律宾也有分布,是我国江南的著名水果^[15],杨梅中富含杨梅苷(Myricitrin)等次生代谢物,是最常见的一种酚类物质,具有水溶性,它们在自然条件下很容易被雨雾淋溶和被土壤吸收,属于高等植物中最常见的化感物质^[16];万志兵等研究了杨梅叶浸提物对小白菜种子萌发和幼苗生长的化感效应,杨梅叶浸提液对小白菜种子的萌发表现出“低促高抑”的规律,随着浸提液浓度的升高,小白菜幼苗生长性状也逐渐受到抑制,从杨梅叶浸提液中初步鉴定出 54 种化感物质,主要是烷烃、醚、苯醌、酚、酯、烯、醇、酮、酰胺等,含量最高的是二十一烷,其次是 beta-香树脂醇^[17]。上述 3 个树种化感效应研究多集中于对农作物或中药材种子萌发和幼苗生长的影响,而对茶树的化感作用研究鲜见报道。

林茶复合经营对于改善茶园生态环境,提高茶叶产量、质量和经济效益具有积极作用。板栗、杨梅等果树与茶树间种是亚热带丘陵山区传统的复合栽培模式,著名的洞庭碧螺春采用茶果间作,茶树果树枝桠交错,根脉相缠,茶吸果香,花窖茶味。茶园的合理间作不但有利于增进茶园系统中生物多样性,也有利于茶叶品质的提高;板栗与茶套种遮阴度为 30%—40%能有效提高茶叶单位面积产量和综合经济效益^[18-20];有学者研究茶园间作柑桔、杨梅或吊瓜对叶蝉及蜘蛛类群数量和空间格局产生影响;雷元胜等研究指出茶-栗间作优于茶-桃、柿,丘陵茶区与不同果树复合种植可以控制蛾类害虫,不仅能调节园内生态效应,还使茶园生物群落

多元化,对提高茶叶产量与品质有重要的指导意义^[21-23]。现有林茶复合经营技术研究侧重树木对茶树生长环境、茶叶品质和产量,以及对茶园生态系统的影响。间作树种对茶树的化感作用等研究少有报道。

本文选用江南广泛栽培的薄壳山核桃、板栗和杨梅为试验材料,比较研究这3个树种鲜叶不同质量浓度的水浸液对茶树种子萌发及幼苗生长的影响,探究其对茶树种子萌发和幼苗生长抑制或促进的化感作用,为科学开展经济林树种与茶树间作的可行性提供理论依据和参考。

1 材料与方法

1.1 试验材料

2014年9月在南京市江宁区江苏省林业科学研究院采集4年生薄壳山核桃叶片、5年生杨梅叶片和10年生板栗叶片作为供体材料,采集部位为树冠上、中、下,选取健康无病虫害的叶片,将其混匀,蒸馏水洗净、荫干、粉碎后封于塑料袋中放置在-70℃冰箱中备用。

受体材料茶树种子于2014年10月中下旬采自栽培15年生的茶树,采集的种子经消毒后沙藏。

1.2 试验方法

1.2.1 供体植物叶片水浸液的制备 参照王蓓等^[24]的制备方法略有改动,分别取3个树种叶片制备粉碎物10g,浸泡于100mL蒸馏水中,在20℃室温下静置24h后,超声波震荡30min,离心过滤得到0.1g FW/mL水浸提母液,于4℃冰箱中保存待用。

1.2.2 茶种子萌发测定 2015年3月31日,选取沙藏的色泽饱满、大小均等的茶树种子置入35℃温水,搅拌至冷却后浸泡2d,选取下沉种子,用50%多菌灵可湿性粉剂500倍溶液浸泡30min,蒸馏水冲洗3遍,阴干备用。试验所用细沙用50%多菌灵可湿性粉剂500倍溶液消毒,阴干后装入广口玻璃瓶(口径8cm×高9cm),沙厚度7cm。

2015年4月2日,采用完全随机区组设计,3个树种供体薄壳山核桃叶、板栗叶、杨梅叶水浸液分别以A、B、C表示,将各树种母液分别稀释至2.5、5、25、50、100mg FW/mL,以蒸馏水为对照,设置6个处理,每个供体均设对照,重复4次。每瓶播种茶

树种子10粒,再覆沙1cm,加入各处理水浸提取液50mL。置于温度为25℃,湿度70%的人工气候箱中培养,每隔5d浇入各处理浸提液5mL,每7d喷雾消毒1次。以茶树种子子叶伸出沙面为种子发芽标准,以连续3d没有种子萌发为发芽结束,种子发芽期间,每天定时观测记录种子萌发动态,直至种子萌发结束。因受人工气候箱空间所限,分别将A、C处理置于一个人工气候箱中培养;B处理置于另外一个人工气候箱。

1.2.3 茶幼苗生长指标测定 茶树种子萌发生长7d后,每处理随机挑选4株幼苗用直尺测量苗高、根长(有须根的测量最长根)等生长指标;用电子天平称量整株鲜质量(FW),将幼苗置于105℃的烘箱中杀青15—20min,调温至80℃,直至幼苗烘干至恒质量,称干质量(DW)并记录,重复4次。

1.3 数据分析

发芽率(GR)=发芽终期 $n/N \times 100\%$

式中, n 为正常发芽粒数, N 为供试种子数;

发芽指数(GI)= $\sum G_i/D_i$

式中, G_i 为逐日发芽种子数, D_i 为相应的发芽天数;

活力指数(VI)= $GI \times S$

式中, GI 为发芽终期算得的发芽指数, S 为发芽终期测得的整株鲜质量(g);

化感效应指数(RI)数据统计分析参照Williamson等^[25]的方法。即: $RI = T/C - 1$ (其中, C 为对照值, T 为处理值)。 $RI > 0$ 为促进作用, $RI < 0$ 为抑制作用, RI 的绝对值代表化感作用强度的大小。因试验涉及种子萌发和幼苗生长2个阶段,测定各指标 RI 值不同,很难全面和定量的评价化感作用,故将3个供体对受体种子萌发、生长指标以 $RI_{\text{发芽率}}$ 、 $RI_{\text{发芽指数}}$ 、 $RI_{\text{活力指数}}$ 、 $RI_{\text{苗高}}$ 、 $RI_{\text{根长}}$ 、 $RI_{\text{干质量}}$ 的算术平均值进行化感效应(SE)综合评价^[26]。 $SE > 0$ 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。

采用Excel 2007以及SPSS 20.0系统软件中的单因素方差分析法(One-way ANOVA)对数据进行方差分析,发芽率经反正弦平方根转换后计算,并采用Duncan法对数据进行显著性检验,差异显著性水平设为 $P < 0.05$ 。

2 结果与分析

2.1 3 树种叶片水浸液对茶树种子萌发的影响

茶树种子发芽率、发芽指数、活力指数等发芽性状见表 1。随着 3 个树种叶片水浸液处理浓度的增加,种子发芽率逐渐降低,化感效应指数均为 $RI < 0$ 。其中,薄壳山核桃叶片水浸液(A)各质量浓度处理间种子发芽率达到显著性差异($P < 0.05$),水浸液质量浓度为 25, 50, 100 mg FW/mL 时,种子发芽率较对照分别降低了 21.86%, 23.78%, 26.66%;板栗叶片水浸液(B)不同质量浓度处理茶树种子的发芽率均低于对照,但差异均不显著;杨梅叶片水浸液(C)处理间种子发芽率也达到显著性差异,处理质量浓度为 100 mg FW/mL 时茶种子发芽率仅为

63.04%,较对照化感受抑率高达-0.37。

各处理对种子发芽指数和活力指数均有不同程度的化感抑制作用($RI < 0$),薄壳山核桃和杨梅叶水浸液各处理间种子发芽指数与活力指数均达到显著性差异,随着处理液浓度的增加,这 2 个指标逐渐降低,当处理质量浓度为 100 mg FW/mL 时,发芽指数较对照分别降低了 40.35%与 52.17%,表明杨梅叶对茶种子的发芽指数抑制作用最强;板栗叶各处理间种子发芽指数差异不显著,但水浸液由低质量浓度至高质量浓度处理均低于对照,各处理的活力指数差异显著,化感效应随着水浸液浓度的升高而降低,处理质量浓度 ≥ 25 mg FW/mL 时均显著低于对照。

表 1 3 个树种叶片水浸液对茶种子发芽的影响

供体	质量浓度/ (mg FW/mL)	发芽率/%	$RI_{\text{发芽率}}$	发芽指数	$RI_{\text{发芽指数}}$	活力指数	$RI_{\text{活力指数}}$
A	0(CK)	99.35±4.61 a	-	1.71±0.09 a	-	39.76±3.17 a	-
	2.5	90.00±0.00 bc	-0.09	1.52±0.14 ab	-0.11	29.57±1.87 ab	-0.26
	5	92.53±5.62 b	-0.07	1.38±0.25 abc	-0.19	31.19±6.67 ab	-0.22
	25	77.63±1.66 cd	-0.22	1.37±0.17 abc	-0.20	29.89±3.42 ab	-0.25
	50	75.73±3.69 d	-0.24	1.06±0.09 bc	-0.38	22.87±1.86 b	-0.42
	100	72.87±3.05 d	-0.27	1.02±0.06 c	-0.40	21.43±0.86 b	-0.46
B	0(CK)	94.29±4.61 a	-	1.68±0.09 a	-	43.08±2.12 a	-
	2.5	90.00±0.00 a	-0.05	1.48±0.17 a	-0.12	31.83±4.48 ab	-0.26
	5	90.00±0.00 a	-0.05	1.51±0.20 a	-0.10	32.75±5.89 ab	-0.24
	25	80.52±3.02 a	-0.15	1.33±0.19 a	-0.21	26.78±4.30 b	-0.38
	50	84.62±8.26 a	-0.10	1.27±0.23 a	-0.24	25.86±4.87 b	-0.40
	100	85.08±8.74 a	-0.10	1.22±0.25 a	-0.27	26.10±6.05 b	-0.39
C	0(CK)	99.35±4.61 a	-	1.84±0.13 a	-	43.08±3.46 a	-
	2.5	83.25±3.57 bc	-0.16	1.67±0.22 ab	-0.09	42.57±6.93 a	-0.01
	5	88.80±7.18 b	-0.11	1.50±0.09 ab	-0.18	35.35±2.45 ab	-0.18
	25	83.25±3.57 bc	-0.16	1.22±0.02 bc	-0.34	28.19±0.67 bc	-0.35
	50	81.24±4.91 bc	-0.18	1.36±0.14 b	-0.26	30.87±3.04 abc	-0.28
	100	63.04±5.14 c	-0.37	0.88±0.16 c	-0.52	18.91±4.41 c	-0.56

注:表中同供体同列数据后的不同小写字母,表示该供体叶水浸液不同质量浓度处理结果之间存在显著差异($P < 0.05$)。

2.2 3 树种叶片水浸液对茶树幼苗生长的影响

由表 2 可知,薄壳山核桃、杨梅叶片水浸液各处理间苗高生长均呈显著性差异,其中,薄壳山核桃叶水浸液质量浓度 ≥ 25 mg FW/mL 时,茶幼苗苗高均显著低于对照,质量浓度为 25, 50, 100 mg FW/mL 时, RI 分别达到-0.24, -0.31, 质量浓度为 5 mg FW/mL 时对苗高抑制作用弱于 2.5 mg FW/mL,但差异不显著;杨梅叶水浸液对茶幼苗苗高生长影响表现

出“低促高抑”现象,幼苗苗高在 2.5, 5 mg FW/mL 处理下 $RI > 0$, 2 者间差异不显著,但显著高于对照和 25 mg FW/mL 以上处理。随着质量浓度的升高,苗高呈逐渐递减趋势,100 mg FW/mL 处理下 RI 值达到-0.19;板栗叶片水浸液对茶幼苗苗高影响均不显著,当质量浓度为 5 mg FW/mL 时,对茶幼苗苗高的抑制作用较弱,较对照仅降低了 7.96%。

3 个树种叶片水浸液不同质量浓度处理对茶幼

苗根系生长的影响与苗高有所不同。薄壳山核桃、杨梅叶片水浸液各处理间根系生长差异均不显著,薄壳山核桃叶水浸液随着质量浓度升高,根长呈逐渐递减趋势,所有质量浓度处理的化感效应指数均在-0.1 以内;杨梅叶水浸液质量浓度的升高,对茶幼苗根长影响不同,当处理浓度为 5,10 mg FW/mL 时,对茶幼苗根系生长表现出促进作用, $RI>0$,仅在高质量浓度(100 mg FW/mL)下,茶幼苗根长受到抑制较对照降低了 10.53%;板栗叶片水浸液各处理间根系生长差异显著,当质量浓度为 2.5—25 mg FW/mL 时, $RI>0$,较对照分别增加了 4.84%,15.36%和 0.83%,且在 5 mg FW/mL 处理下根系生长显著高于对照,随质量浓度的增加,茶幼苗根长表现出先高后低的趋势,高质量浓度(50—100 mg FW/mL)下则抑制了茶幼苗根系的生长, $RI<0$,但与对照无显著性差异。

表 2 3 个树种叶片水浸液对茶幼苗生长的影响

供体	质量浓度/ (mg FW/mL)	苗高/cm	$RI_{\text{苗高}}$	根长/cm	$RI_{\text{根长}}$
A	0(CK)	4.58±0.35 a	—	6.22±0.30 a	—
	2.5	3.87±0.11 abc	-0.16	5.83±0.30 a	-0.06
	5	4.19±0.34 ab	-0.09	6.16±0.33 a	-0.01
	25	3.49±0.26 bc	-0.24	5.84±0.25 a	-0.06
	50	3.49±0.26 bc	-0.24	5.94±0.43 a	-0.05
	100	3.18±0.37 c	-0.31	5.61±0.31 a	-0.10
B	0(CK)	4.65±0.34 a	—	5.99±0.34 b	—
	2.5	3.86±0.30 a	-0.17	6.28±0.36 ab	0.05
	5	4.28±0.32 a	-0.08	6.91±0.30 a	0.15
	25	3.91±0.51 a	-0.16	6.04±0.09 ab	0.01
	50	4.00±0.26 a	-0.14	5.96±0.27 b	-0.01
	100	3.87±0.45 a	-0.17	5.56±0.25 b	-0.07
C	0(CK)	4.16±0.40 bc	—	6.40±0.46 a	—
	2.5	5.01±0.24 a	0.20	6.36±0.23 a	-0.01
	5	4.46±0.30 ab	0.07	6.59±0.36 a	0.03
	25	3.89±0.21 bc	-0.06	6.46±0.18 a	0.01
	50	3.97±0.16 bc	-0.05	6.21±0.33 a	-0.03
	100	3.38±0.08 c	-0.19	5.69±0.45 a	-0.11

注:表中同供体同列数据后的不同小写字母,表示该供体叶水浸液不同质量浓度处理的结果之间存在显著差异($P<0.05$)。

2.3 3 树种叶片水浸液对茶幼苗生物量积累的影响

3 个树种叶片水浸液不同质量浓度处理间的茶幼苗鲜、干质量均达到显著差异。薄壳山核桃叶片水浸液质量浓度为 2.5—50 mg FW/mL 处理的幼苗鲜(干)质量则与对照无显著性差异,但随着浓度增高,茶幼苗鲜(干)质量逐渐降低。当质量浓度达 100 mg FW/mL 时,茶幼苗鲜(干)质量显著低于对照, RI 较对照分别达到-0.15 和-0.17;板栗叶水浸液所有处理茶幼苗鲜(干)质量均显著低于对照,但各处理间差异不显著,茶幼苗鲜(干)质量随着水浸液浓度的增高而降低, RI 呈逐渐升高趋势;杨梅叶

片水浸液各质量浓度处理下茶幼苗鲜(干)质量积累与对照均无显著性差异,表现出低质量浓度促进,高质量浓度抑制的双重浓度效应。质量浓度为 2.5 mg FW/mL 时,茶幼苗鲜(干)质量分别较对照增加了 7.78%和 2.51%, $RI>0$;当质量浓度高于 25 mg FW/mL 时,茶幼苗鲜(干)质量的化感抑制效应逐渐增大。综上所述,3 个树种叶水浸液高质量浓度(50—100 mg FW/mL)对茶幼苗鲜(干)质量均有较强的抑制作用,其中板栗叶水浸液各处理质量浓度 RI 均在-0.14 以上,表明其化感物质抑制了茶幼苗生长和生物量的积累。

表 3 3 树种叶片水浸液对茶幼苗生物量积累的影响

供体	质量浓度/ (mg FW /mL)	鲜质量/g	$RI_{\text{鲜质量}}$	干质量/g	$RI_{\text{干质量}}$
A	0(CK)	23.18±0.77 a	—	9.57±0.16 a	—
	2.5	22.31±1.42 a	-0.04	9.17±0.36 ab	-0.04
	5	21.98±0.39 ab	-0.05	9.07±0.55 ab	-0.05
	25	21.65±0.36 ab	-0.07	8.87±0.39 ab	-0.07
	50	21.09±0.39 ab	-0.09	8.76±0.15 ab	-0.08
	100	19.70±0.72 b	-0.15	7.91±0.55 b	-0.17
B	0(CK)	25.60±0.59 a	—	10.13±0.39 a	—
	2.5	21.38±1.06 b	-0.16	8.75±0.32 b	-0.14
	5	21.29±1.24 b	-0.17	8.76±0.61 b	-0.14
	25	19.92±0.70 b	-0.22	8.27±0.42 b	-0.18
	50	20.28±0.53 b	-0.21	8.34±0.29 b	-0.18
	100	21.03±1.03 b	-0.18	8.14±0.27 b	-0.20
C	0(CK)	23.40±0.80 ab	—	9.95±0.40 ab	—
	2.5	25.22±0.99 a	0.08	10.20±0.55 a	0.03
	5	23.58±0.54 ab	0.01	9.70±0.62 ab	-0.03
	25	23.11±1.46 ab	-0.01	9.35±0.15 ab	-0.06
	50	22.70±0.25 ab	-0.03	9.24±0.24 ab	-0.07
	100	21.49±0.58 b	-0.08	8.62±0.43 b	-0.13

注:表中鲜质量与干质量为 40 株幼苗鲜质量与干质量的平均数;表中同供体同列数据后的不同小写字母,表示该供体叶水浸液不同质量浓度处理的结果之间存在显著差异($P<0.05$)。

2.4 3 树种叶片水浸液对茶树种子萌发及幼苗生长的化感综合效应

由表 4 可见,3 树种叶片水浸液对茶树种子萌发和幼苗生长处理综合效应(SE)均为负,表现出抑制作用。由茶树种子发芽性状指标可知,3 个树种叶片水浸液对茶树种子萌发均具有较强的抑制作用,低质量浓度下(2.5 mg FW/mL),薄壳山核桃与板栗的抑制作用均高于杨梅,除板栗叶水浸液质量浓度在 25 mg FW/mL 以上时对茶树种子抑制作用维持在 -0.25 外,其他 2 个树种的抑制作用随着处理浓度的升高而增强,但在高质量浓度 100 mg FW/mL 下杨梅叶片水浸液处理 SE 绝对值最大,其次为薄壳

山核桃,但均高于板栗;从茶幼苗生长情况看,3 个树种对茶幼苗的化感作用不尽相同,薄壳山核桃与板栗叶水浸液各质量浓度处理均对茶树幼苗生长产生抑制作用,且抑制表现趋势较为一致,即低质量浓度至高质量浓度处理中,抑制作用呈现“强—弱—强”的变化;杨梅叶水浸液质量浓度处理对茶树幼苗生长表现出“低促高抑”双重效应,即质量浓度 ≤ 5 mg FW/mL 时促进了茶幼苗的生长, ≥ 25 mg FW/mL 时则对茶幼苗生长产生抑制作用。综合而言,3 个树种叶水浸液各质量浓度对茶树种子萌发的抑制作用高于茶幼苗生长。

表 4 3 树种叶片水浸液对茶种子萌发及幼苗生长的化感综合效应

质量浓度/ (mg FW /mL)	SE								
	A			B			C		
	萌发	生长	综合	萌发	生长	综合	萌发	生长	综合
0(CK)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2.5	-0.15	-0.09	-0.12	-0.14	-0.09	-0.12	-0.09	0.07	-0.01
5	-0.16	-0.05	-0.10	-0.13	-0.02	-0.08	-0.16	0.02	-0.07
25	-0.22	-0.12	-0.17	-0.25	-0.11	-0.18	-0.28	-0.04	-0.16
50	-0.35	-0.12	-0.24	-0.25	-0.11	-0.18	-0.24	-0.05	-0.15
100	-0.38	-0.19	-0.28	-0.25	-0.15	-0.20	-0.48	-0.14	-0.31

3 结论与讨论

自然界中化感作用是植物长期自然选择的结果,同时也是植物提高自身生存能力的一种重要手段^[27]。植物水溶性化感物质通过雨水、雾滴等淋溶进入土壤,对周边植物种子萌发和生长发育产生化感作用。植物幼苗生长是衡量植物化感效应较为灵敏的指标之一^[28]。本试验中,3个树种叶片水浸液对茶树种子萌发均有一定程度的化感作用。薄壳山核桃和杨梅叶片水浸液对茶树种子发芽率有显著的抑制作用;板栗叶片各处理种子发芽率与对照无显著差异。发芽指数和活力指数在供体高质量浓度(50—100 mg FW/mL)下均有不同程度的化感抑制作用,强度随着水浸液浓度的增加而增加,这与Souza等^[29]和李茜等^[30]的研究结果一致,表明3个树种叶片中可能含有某些亲水性的化感物质,在茶树种子萌发过程中降低了细胞氧化酶的活性,抑制了细胞膜的选择透性以及细胞的分裂与生长。Cruz-Ortega等通过电子显微镜,发现葫芦化感物质对菜豆产生化感效应,菜豆根尖细胞液内陷等细胞微观结构发生了畸变,细胞核、内质网和线粒体失去活性^[31],聂呈荣等报道三裂叶蟛蜞菊的水提液能影响花生细胞的选择透过性,阻碍其种子萌发和幼苗生长^[32]。在茶树幼苗生长方面,薄壳山核桃、杨梅叶片水浸液各处理间茶树幼苗苗高、鲜(干)质量均呈显著性差异,但对根系生长影响差异不显著。薄壳山核桃叶水浸液随着质量浓度升高,苗高、根长和鲜(干)质量均呈逐渐递减趋势,与张博等^[7]、张权等^[8]通过山核桃属叶对小麦等作物种子的发芽率、苗高和根长、幼苗鲜质量和干质量的抑制或促进表现化感效应有所不同,可能与不同的受体植物对化感物质的敏感性和浓度效应有关;杨梅叶水浸液对苗高、根系和鲜(干)质量表现出低质量浓度促进,高质量浓度抑制的双重浓度效应,各处理间鲜(干)质量差异显著,但均与对照无显著性差异,与万志兵等^[17]、王蓓等^[24]研究结果较为一致;板栗叶片水浸液不同质量浓度对苗高生长影响不显著,但各处理间根系生长差异显著,随质量浓度的增加,根长表现出“低促高抑”的趋势,各处理茶幼苗鲜(干)质量均显著低于对照,随着质量浓度的增高而降低,但处理间差异不显著。彭晓邦^[33]试验研究结果也显示,低质量浓度板栗叶水浸液对3种中药材种子的萌发有明显的化感促进作用,但随着水浸

液质量浓度的提高,其对受体种子的化感促进作用逐渐减弱并消失,表现出抑制作用。由此可知,3个树种高质量浓度叶水浸提液中化感物质已经对茶树幼苗生长产生“毒性”化感效应;有研究显示,化感物质作用于受体植物叶片导致其气孔关闭,阻碍叶绿素的合成,限制其光合作用,化感效应通过抑制ATP酶的水解影响植物呼吸作用^[34-35]。本试验研究也表明,化感效应因供受体品种、化感物质、作用部位的不同,其作用机制也呈现出不同的特点^[36-37]。

植物间化感物质种类、含量对受体植物具有选择性和专一性,致使相同浓度不同植物化感物质对受体植物幼苗发芽和幼苗生长的促进或抑制作用存在很大差异;化感作用强度同样具有浓度效应,当化感物质的浓度高于或低于阈值时,对受体植物生长产生抑制、促进或无作用的化感效应^[38]。本试验结果表明,3个树种叶片水浸液对茶种子萌发及幼苗生长有不同程度的抑制或促进作用,经化感效应综合评价,薄壳山核桃和板栗叶片水浸液质量浓度 ≤ 50 mg FW/mL对茶树种子萌发和幼苗生长的抑制作用高于杨梅叶片水浸液处理,杨梅叶质量浓度在5 mg FW/mL以下则对茶幼苗生长有促进作用,当质量浓度升至100 mg FW/mL时化感效应综合指数(SE)最高,其次为薄壳山核桃叶,但均高于板栗叶。综上所述,3个树种叶片水浸液高质量浓度对茶种子萌发和幼苗生长均有化感抑制作用,低质量浓度以薄壳山核桃叶片水浸液抑制作用较强,板栗次之,杨梅较小。

化感物质释放到土壤中,势必影响土壤理化性质、土壤微生物活动、土壤酶活性的变化等一系列的环境行为,从而导致植物群落的组成和动态变化;环境因子显著地影响着化感物质的分泌、释放和化感效应的表达。自然界中植物间的化感作用是一个复杂的生化过程,涉及众多的环境因子及生化代谢途径,存在很大的可变性和多样性,本试验仅在实验室条件下研究了受体茶树种子萌发和幼苗生长的化感效应,尚应继续开展在自然环境下3个树种落叶或根系等水溶性腐解化感物质的释放进程,以及化感物质随雨水进入土壤后对不同林龄茶树生长生理影响等试验研究,以进一步验证本试验结果的可靠性;同时需要研究化感物质与土壤微生物间是否存在互作效应和化感活性强弱演变规律,为林茶复合栽培模式构建,病虫(草)害防控以

及复合生态系统生物多样性等研究提供依据。

参考文献:

- [1] FABBRO C D, PRATI D. The relative importance of immediate allelopathy and allelopathic legacy in invasive plant species [J]. Basic and Applied Ecology, 2015, 16(1): 28-35.
- [2] 姚 伶, 何开跃, 郭丽君, 等. 植物化感作用研究进展[J]. 安徽农业科学, 2013, 40(36): 17463-17466.
- [3] DUKE S O. Ecophysiological aspects of allelopathy [J]. Planta, 2003, 217(4): 529-539.
- [4] 郝 飞, 翟梅枝, 王 元, 等. 胡桃醌对小麦种子萌发及幼苗生长的化感效应[J]. 西北植物学报, 2012, 32(3): 518-524.
- [5] INDERJIT. Experimental complexities in evaluating the allelopathic activities in laboratory bioassays: A case study [J]. Soil Biology & Biochemistry, 2006, 38(2): 256-262.
- [6] HOQUE A, AHMED R, UDDIN M, et al. Allelopathic effect of different concentration of water extracts of *Acacia auriculiformis* leaf on some initial growth parameters of five common agricultural crops [J]. Pakistan Journal of Agronomy, 2003, 2(2): 92-100.
- [7] 张 博, 何开跃, 郭丽君, 等. 山核桃属 2 个树种叶片水浸提物的化感作用及其化感物质的含量比较[J]. 江苏林业科技, 2014, 41(1): 1-6.
- [8] 张 权, 傅松玲, 姚小华, 等. 薄壳山核桃叶及青皮水浸液对 3 种植物的化感作用[J]. 林业科学研究, 2015, 28(5): 674-680.
- [9] 陈亚辉, 生静雅, 朱海军, 等. 美国山核桃叶片浸提液对农作物种子萌发的影响[J]. 江苏农业科学, 2015, 43(6): 273-275.
- [10] 朱海军, 俞卫东, 曹仁用, 等. 薄壳山核桃种子及种壳化感效应研究[J]. 江西农业大学学报, 2015, 37(1): 96-100.
- [11] 蔡 荣, 魏佳花, 祁春节. 板栗产业发展现状, 存在问题与对策分析[J]. 中国果菜, 2007(1): 52-53.
- [12] 徐立军, 魏胜利, 王文全, 等. 板栗落叶水浸提液对掌叶半夏种子发芽及幼苗生长的影响[J]. 中国实验方剂学杂志, 2011, 17(5): 125-128.
- [13] 彭晓邦. 板栗叶水浸液对商洛丹参幼苗酶活性的影响[J]. 陕西农业科学, 2015, 61(2): 28-31.
- [14] 李晓娟, 王 强, 倪 穗, 等. 栗与美国板栗化感作用的比较[J]. 植物生态学报, 2013, 37(2): 173-182.
- [15] 费颖新. 间作树木对茶园生态环境及茶叶品质影响的研究[D]. 南京: 南京林业大学, 2004.
- [16] 郭瑞雪, 陈 健, 谢彦瑰. 薄膜-均质法制备杨梅苷脂质体研究[J]. 粮食与油脂, 2010(1): 44-47.
- [17] 万志兵, 孔思梦, 朱成磊, 等. 杨梅叶浸提物对小白菜种子的化感作用[J]. 分子植物育种, 2018, 16(7): 2322-2328.
- [18] 张 纯. 不同遮荫度栗茶间作模式效益评价[J]. 安徽农学通报, 2009, 15(3): 139-140.
- [19] 吴满霞. 茶园间作增进生物多样性和提升茶叶品质的研究进展[J]. 茶业通报, 2009(3): 117-119.
- [20] 叶火香, 崔 林, 何迅民, 等. 茶园间作柑桔杨梅或吊瓜对叶蝉及蜘蛛类群数量和空间格局的影响[J]. 生态学报, 2010(22): 6019-6026.
- [21] 雷元胜. 间作增进丘陵茶园昆虫多样性及制约蛾类害虫效应的研究[D]. 北京: 中国农业科学院, 2009.
- [22] 余立华, 刘桂华, 陈四进, 等. 栗茶间作模式下茶树根系的基础特性[J]. 经济林研究, 2006, 24(3): 6-10.
- [23] 苏志龙, 李 冬, 罗银玲, 等. 大叶茶种子萌发率及其与生长环境的相关性分析[J]. 云南农业大学学报, 2013, 28(4): 507-511.
- [24] 王 蓓, 蔡 靖, 姜在民, 等. 核桃叶水浸液对四种作物的化感作用[J]. 干旱地区农业研究, 2011, 29(4): 47-52.
- [25] WILLIAMSON G B, RICHARDSON D. Bioassays for allelopathy: measuring treatment responses with independent controls [J]. Journal of Chemical Ecology, 1988, 14(1): 181-187.
- [26] 王 宁, 冯梦迪, 袁美丽, 等. 苦苣菜茎叶水浸液对 3 种草坪植物种子萌发和幼苗生长的化感作用[J]. 江苏农业科学, 2016, 44(1): 163-165, 230.
- [27] WILLIAMSON G B, RICHARDSON D. Bioassays for allelopathy: measuring treatment responses with independent controls [J]. Journal of Chemical Ecology, 1988, 14(1): 181-187.
- [28] 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.
- [29] SOUZA F M, GANDOLFI S, PEREZ S C J G, et al. Allelopathic potential of bark and leaves of *Esenbeckia leiocarpa* Engl. (Rutaceae) [J]. Acta Botanica Brasiliica, 2010, 24(1): 169-174.
- [30] 李 茜, 蔡 靖, 姜在民, 等. 核桃叶水浸液对白木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.
- [31] CRUZ-ORTEGA R, ANAYA A L, HERMANDEZ-BAUTISTA B E, et al. Effects of allelochemical stress produced by *Sicyos deppei* on seedling root ultrastructure of *Phaseolus vulgaris* and *Cucurbita ficifolia* [J]. Journal of Chemical Ecology, 1998, 24(12): 2039-2057.
- [32] 聂呈荣, 曾任森, 黎华寿, 等. 三裂叶蟛蜞菊对花生化感作用的生理生化机理[J]. 花生学报, 2002, 31(3): 1-5.
- [33] 彭晓邦. 板栗叶水浸液对 3 种中药材种子萌发及幼苗生长的影响[J]. 种子, 2016, 35(12): 26-31.
- [34] 崔 磊, 赵秀海, 张春雨. 化感作用研究动态及展望[J]. 浙江林业科技, 2006, 26(1): 65-70.
- [35] 胡 飞, 孔垂华, 王 朋. 植物化感(相生相克)作用[M]. 北京: 中国农业出版社, 2016.
- [36] 李秋玲, 肖辉林. 土壤性质及生物化学因素与植物化感作用的相互影响[J]. 生态环境学报, 2012, 21(12): 2031-2036.
- [37] 王建花, 陈 婷, 林文雄. 植物化感作用类型及其在农业中的应用[J]. 中国生态农业学报, 2013, 21(10): 1173-1183.
- [38] 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.