西北林学院学报 2018,33(5):94-99
Journal of Northwest Forestry University

doi:10.3969/j.issn.1001-7461.2018.05.14

4种草本植物浸提液对长柄扁桃种子萌发及幼苗生长的影响

张瑞琦[1],王进鑫[2,3*],王秀青[1],狄 龙[4]

(1.西北农林科技大学 水土保持研究所,陕西 杨陵 712100;2.西北农林科技大学 资源环境学院,陕西 杨陵 712100;
3.农业部 西北植物营养与农业环境重点实验室,陕西 杨陵 712100;4.榆林市林业产业办公室,陕西 榆林 719000)

摘 要:为恢复长柄扁桃群落,促进长柄扁桃人工林生长,以苜蓿、沙打旺、红豆草、苦豆子4种多年生草本为供体植物,长柄扁桃为受体植物,研究草本植物浸提液对长柄扁桃的种子发芽率、发芽势、苗高、根长、根鲜重、苗鲜重的影响。结果表明,苜蓿,沙打旺浸提液在浓度为30 mg·mL^{-1}时对长柄扁桃种子发芽率有显著促进作用;在浸提液浓度为5 mg·mL^{-1}时,长柄扁桃发芽势在苦豆子及苜蓿浸提液作用下显著高于对照;而红豆草浸提液对种子萌发有抑制作用。长柄扁桃幼苗苗高,除在红豆草浸提液浓度60 mg·mL^{-1}时,其余处理均有一定程度促进作用;长柄扁桃的苗鲜重在苦豆子浸提液5 mg·mL^{-1}时达到所有处理的最大值(270.94 mg)。各草本植物浸提液除沙打旺浸提液对根长具有促进作用外,其余浸提液都对根长生长有抑制作用。长柄扁桃幼苗根鲜重在各处理中,红豆草浸提液有抑制作用但差异不显著,其余草本植物均有促进作用。综合分析表明,苜蓿、沙打旺、红豆草及苦豆子4种草本植物均对长柄扁桃种子萌发幼苗生长具有化感作用且存在浓度效应。苜蓿、沙打旺、苦豆子3种植物可促进长柄扁桃种子萌发和幼苗生长,适合与长柄扁桃进行品种搭配形成林草复合系统,进行沙区矿业迹地植被建设及长柄扁桃群落恢复。

关键词:长柄扁桃;种子萌发;幼苗生长;化感作用;草本植物浸提液

中图分类号:S662.9 **文献标志码**:A **文章编号**:1001-7461(2018)05-0094-06

Effects of the Water Extract from Four Herbs on Seed Germination and Seedling Growth of *Amygdalus pedunculata*

ZHANG Rui-qi[1],WANG Jin-xin[2,3*],WANG Xiu-qing[1],DI Long[4]

(1. *Institute of Soil and Water Conservation*, *Northwest A&F University*, *Yangling*, *Shaanxi* 712100, *China*;
2. *College of Resources and Environment*, *Northwest A&F University*, *Yangling*, *Shaanxi* 712100, *China*;
3. *Key Laboratory of Plant Nutrition and the Agri-environment in Northwest China*, *Ministry of Agriculture*, *Yangling*, *Shaanxi* 712100, *China*; 4. *Forestry Industry Development Office of Yulin*, *Yulin*, *Shaanxi* 719000, *China*)

Abstract: In order to restore the *Amygdalus pedunculata* community and promote the growth of its plantation, four perennial herbs, including *Medicago sativa*, *Astragalus adsurgens*, *Onobrychis viciaefolia* and *Sophora alopecuroides* were used as donor plants for herb water extraction and *Amygdalus pedunculata* as acceptor plant to identify the changes in germination rate, germination potential, seedling length, root length, fresh root weight and seedling fresh weight of *A. pedunculata*. The results showed that *M. sativa* and *A. adsurgens* extracts significantly promoted the germination rate of *A. pedunculata* seedlings at the concentration of 30 mg·mL^{-1}. When the extract concentration was 5 mg·mL^{-1}, the effects of *S. alopecuroides* and *M. sativa* extracts on the seed germination potential were significantly higher than that of the

收稿日期:2017-11-24 **修回日期**:2018-02-27

基金项目:国家重点研发计划"西北干旱荒漠区煤炭基地生态安全保障技术"项目(2017YFC0504400);采煤迹地植被重建与保育技术研究(2017YFC0504402);陕西省科技统筹创新工程计划项目(2016KTCL03-18);榆林市林业科技计划项目(K403021528)。

作者简介:张瑞琦,女,在读硕士,研究方向:林草生态工程。E-mail:zhangrq67@163.com

*通信作者:王进鑫,男,教授,博士生导师,研究方向:旱区植被恢复与林业生态工程理论。E-mail:jwang118@126.com

(C)1994-2021 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

control. *O. viciaefolia* extract inhibited the seed germination at every concentration. Except for 60 mg · mL^{-1} concentration of *O. viciaefolia*, by which the seedlings length of *A. pedunculata* were inhibited, other treatments were all demonstrated promotion effect. When the extract concentration of *S. alopecuroides* was 5 mg · mL^{-1}, the fresh weight of seedlings of *A. pedunculata* was promoted, and achieved the maximum in all treatments. In addition, the extracts of *A. adsurgen* showed a promoting effect on seedling root length of *A. pedunculata*, the rest showed inhibition effects. The extract of *O. viciaefolia* had inhibitory effect on the *A. pedunculata* seedlings root fresh weight, but the difference was not significant. The rest of the treatments had the promotion effect. In summary, four herbaceous plants all had allelopathic effects on the seedling growth of *A. pedunculata* and had a concentration dependant effect. *M. sativa*, *A. adsurgens* and *S. alopecuroides* could promote the seed germination and seedling growth of *A. pedunculata*, indicating that they were suitable to be cultivated with *A. pedunculata* to form a forest-grass system to promote the vegetation construction in sandy area while restoring *A. pedunculata* community.

Key words: *Amygdalus pedunculata*; seed germination; seedling growth; allelopathy; herb water extract

种子萌发是植物生存与繁衍的首要及必经阶段,幼苗期也是植物生长过程中较为脆弱的阶段[1]。在这些阶段中受到其他植物的抑制或促进作用,将会影响自身种子萌发或幼苗生长[2],最终影响植物在群落中的多度,甚至种群的动态[3]。有研究表明,绝大多数植物会对其他植物或自身有一定影响[4],利用这一特性,可进行森林保护[5]、农业增产[6]、生物除草[7-8]、生态修复[9]以及营造林草复合系统[10]。

在农业生态系统中充分利用化感物质的正效应(positive effect),避免负效应(negative effect)[11],对于建立可持续农业体系具有重要作用,因而被认为是一项重要的生态农业技术[12]。

长柄扁桃(*Amygdalus pedunculata*)是桃属落叶、旱生灌木,又名野樱桃或柄扁桃,高 1.5～2.0 m[13],多分布于干草原地带的固定或半固定沙地[14]。长柄扁桃为濒危保护植物[15],具有适应范围广、抗旱、固沙、抗风蚀能力强等优良特性[16]。在干旱地区栽培长柄扁桃既有生态效益,又有一定的经济效益,尤其对保土固沙具有重要意义[17]。

苜蓿(*Medicago sativa*)、苦豆子(*Sophora alopecuroides*)、沙打旺(*Astragalus adsurgens*)和红豆草(*Onobrychis viciaefolia*)是多年生豆科植物,常被作为人工草地栽培的重要草种,是我国北方各地种植的优良牧草、绿肥作物[18-19]。其中苜蓿是优质蛋白质饲料来源,有"牧草之王"之称[20]。苦豆子根系分布广,具有一定的耐盐碱、耐旱性,可作为饲料牧草、豆科固氮植物及中药材,具有固沙抗风、保持水土、恢复植被的作用,是我国西部生态防护工程的重要组成部分[21]。这 4 种草本植物都是我国北方地区常见的豆科草本植物,具有较高的经济价值以及生物固氮、培肥地力、改良土壤结构、防治水土流失等生态功能。

研究表明,豆科植物对不同受体植物表现出不同的化感效应。李志华[22]等研究发现红三叶、白三叶和紫花苜蓿在一定的播量下,对萝卜、青菜、番茄等受体植物生长表现出明显的抑制作用。但在决明属豆科牧草品种化感潜力研究中发现:决明属牧草 8 个品种开花期浸提液化感抑制作用随着浓度的降低而减弱,但结荚期浸提液的化感促进作用随浓度降低逐渐加强;决明属牧草 8 个品种化感作用受浓度、生长时期和品种的影响[23],因此豆科草本植物的化感作用研究还需进一步细化。

目前对长柄扁桃的研究主要集中在生物学特性、引种栽培、生态经济价值等方面,关于长柄扁桃与其他植物种间关系还未见相关报道。豆科植物存在较强的化感潜力,对不同受体植物表现出不同的化感效应,对种子萌发、幼苗生长、生物量的积累、根系生长等都有一定程度的影响[22]。而长柄扁桃种子的正常萌发和幼苗健康生长是恢复长柄扁桃群落,促进长柄扁桃生长的重要条件。因此,研究草本植物浸提液对长柄扁桃种子萌发、幼苗生长的影响对人工营造长柄扁桃林具有重要意义。本试验以苜蓿、苦豆子、沙打旺、红豆草为供体植物,研究对长柄扁桃种子萌发及幼苗生长的影响,以更好地了解荒漠区植物间的关系,为长柄扁桃群落恢复、矿业迹地林草植被复合系统的构建提供理论依据。

1　材料与方法

1.1　材料

供试种子:长柄扁桃种子为 2015 年冬季由榆林市榆阳区林业站提供。草本植物样品于 2016 年秋季采自榆林沙区。选择健康植株的地上部分,将枝叶阴干后粉碎,过 1 mm 筛后于塑封袋内密封保存备用。发芽试验滤纸采用 Whatman 定性滤纸。幼

(C)1994-2021 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

苗培养基质由珍珠岩与蛭石1∶1拌和制成。

草本植物浸提液的制备:称取15 g草本植物粉末,加入250 mL蒸馏水,在25℃下封口浸提24 h后过滤、离心后取上清液即得到60 mg·mL^{-1}母液,保存于4℃冰箱中,用时添加蒸馏水稀释至所需浓度,至其中出现絮状沉淀后重新制备。

长柄扁桃种子于2017年1月去壳,取完整健康的保存备用。

1.2 方法

1.2.1 试验设计

1.2.1.1 种子萌发试验 试验于2017年3月在陕西省杨凌示范区西北农林科技大学南校区光照培养室和实验室进行,采用培养皿,滤纸做发芽床进行培养。培养前,用1% $KMnO_4$消毒种子15 min,再将种子用蒸馏水冲洗3~5次后浸种36 h。

每种草本浸提液的浓度设置为0(CK)、5、15、30、60 mg·mL^{-1}。4种浸提液共17个处理,每个处理重复3次。每培养皿播种50粒籽粒饱满、大小均一的种子,于人工气候箱中培养(光照培养箱光照设置为3 000 lx,12 h·d^{-1},温度25℃)。培养期内每皿每天补充对应浓度的浸提液1 mL并记录发芽数(胚根突破种皮1 mm视为萌发)。按照林木种子检验规程[24],萌发末期连续3 d种子萌发数不足供试种子总数的1%时,规定为发芽终止时间。萌发结束后,计算发芽率、发芽势。

1.2.1.2 幼苗培养试验 种子萌发试验结束后,挑选每个处理发芽情况相同、长势均一的幼苗30株,移植于装有基质的穴盘内培养。温度设定为25℃,光照为3 000 lx,10 h·d^{-1},空气湿度为75%的人工气候室内培养20 d。每日每株幼苗补充5 mL对应浓度的浸提液。培养期结束后,随机选取10株幼苗测量苗高,测量主根根长,测定苗鲜重和根鲜重。

1.2.2 指标测定与计算

发芽率=规定发芽终止时间种子发芽数/供试种子数×100% (1)

发芽势=发芽高峰期发芽种子数/供试种子数×100%(发芽高峰期为种子在1 d内发芽数最多的时候) (2)

幼苗主根根长、苗高采用直尺测量;根鲜重、苗鲜重采用分析天平称量。

1.3 数据处理

数据用Excel整理计算,采用SigmaPlot 12.5软件作图,采用SPSS 22.0软件进行one-way ANOVE单因素方差分析,以Duncan法进行多重比较(α=0.05)。

2 结果与分析

2.1 草本植物浸提液对长柄扁桃种子发芽率的影响

发芽率是检测种子质量的重要指标。从图1可知,不同草种浸提液对长柄扁桃种子发芽率影响不同。红豆草浸提液4个浓度作用下长柄扁桃发芽率均有不同程度下降,在浓度为5 mg·mL^{-1}时抑制作用最强,发芽率与对照相比降低了14.49%,但所有浓度与对照相比差异均不显著。而供体植物为苜蓿、沙打旺及苦豆子时,长柄扁桃种子的发芽率整体呈上升趋势。随着浸提液浓度的变化,苜蓿及沙打旺浸提液在浓度为30 mg·mL^{-1}时发芽率达到最大值,与对照相比,分别高出52.61%、44.72%且有显著的促进作用($P<0.05$)。在苦豆子浸提液作用下浓度为15 mg·mL^{-1}时种子发芽率达到最大,与对照相比增加了31.57%。3种浸提液对种子发芽率的促进作用在达到最大值后减小,呈先升后降趋势。红豆草浸提液的抑制作用随浓度升高强度没有改变。

2.2 草本植物浸提液对长柄扁桃种子发芽势的影响

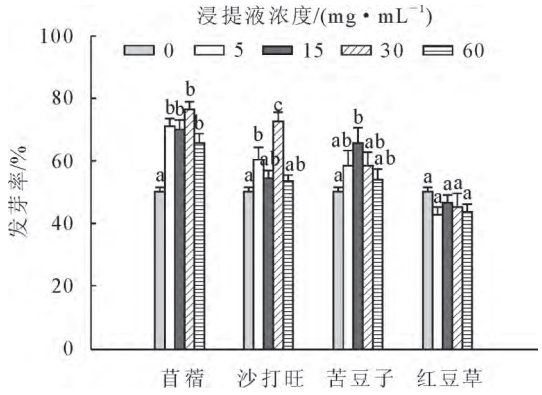
发芽势是判断出苗整齐度及健壮度的一项指标。研究结果显示(图2),浸提液为苦豆子及苜蓿时,长柄扁桃发芽势整体呈现增加的趋势,并在浸提液的浓度为5 mg·mL^{-1}时,2种处理的发芽势均显著>对照($P<0.05$)。红豆草浸提液作用下,长柄扁桃的发芽势呈逐渐下降趋势,高处理浓度(30、60 mg·mL^{-1})时与对照差异显著,平均降低了44.99%。当沙打旺浸提液浓度为30 mg·mL^{-1}时,发芽势较对照增加17.47%,其余浓度处理下发芽势均<对照且差异不显著,沙打旺浸提液对种子发芽势同时有促进作用和抑制作用,因此变化规律并不明显。所有处理中,苜蓿浸提液浓度为5 mg·mL^{-1}时,长柄扁桃发芽势最大值为40%,而红豆草浸提液浓度60 mg·mL^{-1}时发芽势最小为14.67%。

2.3 草本植物浸提液对长柄扁桃幼苗生长的影响

在苗高方面,各草本浸提液对长柄扁桃幼苗的影响整体呈现为:在较低的5、15、30 mg·mL^{-1}浓度,各草本植物浸提液对苗高有促进作用,当浸提液浓度增加至60 mg·mL^{-1}时,促进作用强度降低,较浸提液浓度为30 mg·mL^{-1}时,促进作用平均降低了32.89%。苦豆子浸提液各浓度与对照相比,苗高平均增加了56.74%,在浓度为5 mg·mL^{-1}时促进作用最强,与对照相比增加了93.22%。在苜蓿浸提液的各处理中,苗高平均增加了56.10%,浸提液浓度为30 mg·mL^{-1}时促进作用最强。草本

(C)1994-2021 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

供体植物为沙打旺及红豆草时，浸提液的促进作用在 15 mg·mL^{-1}浓度时最强，苗高较对照平均增加 81.56%及 76.59%，且与对照相比差异显著。所有处理中，仅在处理为红豆草浸提液 60 mg·mL^{-1}浓度时，长柄扁桃苗高受到了抑制，但差异不显著（表 1）。



注：不同字母表示同种浸提液不同浓度间的差异显著（$P<0.05$）。下同。

图 1　草本植物浸提液对长柄扁桃种子发芽率的影响

Fig. 1　Effects of herb extract on seed germination rate of *A. pedunculata*

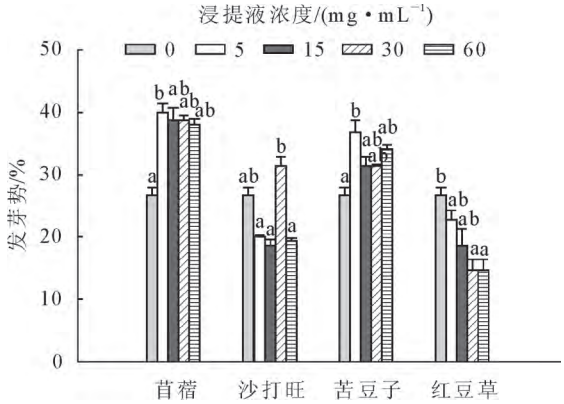


图 2　草本植物浸提液对长柄扁桃种子发芽势的影响

Fig. 2　Effects of herb extract on seed germination potential of *A. pedunculata*

在根长方面，几种浸提液对长柄扁桃根长的影响各不相同。其中沙打旺浸提液在各浓度都对根长具有促进作用，在浓度为 30 mg·mL^{-1}时促进作用最强且与对照相比差异显著；苦豆子浸提液对长柄扁桃幼苗根长整体呈抑制作用，各浓度根长比对照平均降低了 12.00%；红豆草浸提液在 30 mg·mL^{-1}浓度时对长柄扁桃根长有抑制作用，比对照长度减少了 18.50%但差异不显著，其余浓度作用下根长与对照基本一致；苜蓿浸提液作用下，根长除在浓度为 30 mg·mL^{-1}时有轻度增加，其余浓度均为抑制作用，在浓度为 60 mg·mL^{-1}时，与对照相比差异显著（$P<0.05$）。

对苗鲜重分析，几种浸提液中，苦豆子、沙打旺所有处理影响下长柄扁桃幼苗苗鲜重均＞对照。苦豆子处理下，对幼苗苗鲜重在低浓度 5 mg·mL^{-1}时促进强度最高，在高浓度时促进强度减弱。沙打旺浸提液作用下，幼苗鲜重整体随着浸提液浓度升高而增加，浓度为 15 mg·mL^{-1}和 60 mg·mL^{-1}时与对照差异显著，浓度为 30 mg·mL^{-1}时，与对照差异极显著，增加了 149.55%；红豆草浸提液在低浓度和高浓度时对苗鲜重都有抑制作用，但均与对照差异不显著；苜蓿的生物量总体呈上升趋势，除在浓度为 15 mg·mL^{-1}时，其余浓度的苗鲜重均与对照差异显著（$P<0.05$）。几种草本植物浸提液对长柄扁桃苗鲜重影响各异，其中苦豆子浸提液为 5 mg·mL^{-1}浓度时，长柄扁桃的苗鲜重达到全部处理中的最大值（270.94 mg），高于对照 304.56%。

对根鲜重进行分析，在苦豆子浸提液作用下，长柄扁桃根鲜重随浓度升高而增加，在浸提液浓度为 30 mg·mL^{-1}和 60 mg·mL^{-1}时，根鲜重与对照差异显著；沙打旺的根鲜重在各浓度作用下均＞对照，整体呈增加的趋势，且在浓度为 15、30、60 mg·mL^{-1}与对照差异显著；苜蓿浸提液作用下，长柄扁桃根鲜重比对照平均增加了 40.02%，在浓度为 60 mg·mL^{-1}时与对照差异显著；各草本浸提液中仅红豆草浸提液对长柄扁桃的根鲜重有抑制作用，但效果不显著。长柄扁桃根鲜重在沙打旺浸提液浓度 30 mg·mL^{-1}时达到所有处理中的最大值（201.20 mg）。

3　结论与讨论

3.1　结论

研究结果初步证实了红豆草、苦豆子、苜蓿、沙打旺 4 种草本植物与长柄扁桃间具有一定的化感作用：苜蓿在 4 种草本植物中对长柄扁桃种子萌发具有最强的促进作用，其次为苦豆子；综合根长、苗高、根鲜重、苗鲜重指标，沙打旺对长柄扁桃幼苗生长具有最强的促进作用，其次为苦豆子；苜蓿、沙打旺、苦豆子与长柄扁桃混播、间播效果要比红豆草与长柄扁桃混、间播以及长柄扁桃独播效果好。

3.2　讨论

通过 4 种草本植物浸提液对长柄扁桃种子萌发的效应分析发现，红豆草浸提液对长柄扁桃的种子萌发有抑制作用，对发芽势的影响要高于发芽率且浸提液的抑制作用种子发芽期＞幼苗生长期。

通过分析发现，苜蓿、苦豆子及沙打旺浸提液对长柄扁桃种子萌发具有促进作用，但促进强度不一致。这可能与几种草本植物中化感物质成分及浓度

(C)1994-2021 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

表1 4种草本植物浸提液影响下长柄扁桃的生长指标

Table 1 Growth indicators of *A. pedunculata* under the influence of four herb extract

受体植物	浸提液浓度/(mg·mL^{-1})	苗高/mm	根长/mm	苗鲜重/mg	根鲜重/mg
苦豆子	0	20.50±2.09a	124.91±6.90a	88.96±9.91a	67.56±5.86a
	5	39.61±5.42a	105.00±4.78a	270.94±54.30b	106.12±23.12ab
	15	30.87±5.49a	104.79±8.33a	143.26±35.59a	114.76±21.46ab
	30	32.84±7.15a	125.11±16.09a	156.58±27.98a	125.46±20.75b
	60	25.21±1.17a	107.99±9.66a	146.74±7.86a	128.32±8.48b
红豆草	0	20.50±2.09ab	124.91±6.90a	88.96±9.91a	67.56±5.86a
	5	28.20±4.47 ab	125.20±17.01a	117.80±10.87a	69.00±15.58a
	15	36.20±8.20b	127.20±16.42a	111.80±16.56a	60.60±11.47a
	30	25.44±5.61ab	101.80±12.04a	86.80±11.08a	52.60±8.40a
	60	13.40±2.44a	126.20±14.30a	69.80±12.61a	52.80±4.08a
苜蓿	0	20.50±2.09a	124.91±6.90bc	88.96±9.91a	67.56±5.86ab
	5	30.40±3.88ab	105.80±10.60abc	169.80±17.72c	88.60±16.34abc
	15	27.80±2.33ab	96.44±2.15ab	101.60±14.65ab	58.00±13.63a
	30	36.20±3.67b	132.00±9.69c	145.20±19.61bc	107.60±11.52bc
	60	33.60±4.87b	90.20±5.88a	194.20±19.39c	124.20±17.83c
沙打旺	0	20.50±2.09a	124.91±6.90a	88.96±9.91a	67.56±5.86a
	5	25.62±5.55abc	131.36±12.22ab	157.20±29.03ab	122.20±21.61ab
	15	37.22±3.14c	135.56±10.89ab	192.60±23.81b	146.40±21.11bc
	30	35.44±1.40bc	167.98±16.09b	222.00±27.61b	201.20±25.61c
	60	24.24±5.38ab	142.84±16.70ab	186.40±26.59b	143.80±14.78bc

注:表中数据为平均值±标准误;不同字母表示同种浸提液各浓度间差异显著($P<0.05$)。

的差异性有关。其中,苜蓿在几种草本植物中促进作用最强,处理后长柄扁桃种子发芽率及发芽势均高于对照及其余草本植物。有研究表明,苜蓿可通过化感作用,产生和释放化感物质从而影响其他作物的萌发和生长[25]。本试验中,苜蓿浸提液可提高长柄扁桃种子的发芽率,说明在长柄扁桃种子萌发过程中受到了苜蓿浸提液中的化感物质影响,产生了化感作用。这与其他研究中苜蓿对某些作物种子萌发具有促进作用的研究结果一致。如草原2号杂花苜蓿叶浸提液对扁穗冰草种子萌发具有促进作用[26]。袁莉[27]的研究表明,苜蓿提取液对玉米种子发芽率表现为化感促进作用,在水浸液浓度为25、50、100 mg·mL^{-1}等3个浓度时,促进率在7.14%~20%。

随着草本植物浸提液浓度增大,对发芽率发芽势的促进幅度开始下降或者抑制作用幅度开始增大。本试验中,苦豆子浸提液对长柄扁桃的种子萌发也具有一定的促进,发芽率在浸提液浓度为15 mg·mL^{-1}时促进作用最强,但浸提液的促进作用随浓度的增加开始降低。在红豆草浸提液为供体时,对长柄扁桃种子发芽势的抑制作用也随浸提液浓度增加而升高。这可能与浸提液中化感物质的积累有关,随着生长密度的不断提高,释放化感物质的浓度也越来越高,对周围植物的化感作用也随之增强[28]。

几种草本植物浸提液对长柄扁桃生长的影响表现不同。草本浸提液对苗鲜重与苗高的影响整体变化趋势基本一致。其中苦豆子浸提液在低浓度时具有显著的促进作用,沙打旺、苜蓿浸提液在高浓度具有一定的促进作用;而红豆草对地上部分的影响表现为在浸提液低浓度时促进、高浓度时抑制苗鲜重及苗高。

除红豆草为供体时长柄扁桃的根鲜重呈轻微下降趋势,其余3种草本植物对根鲜重的积累都具有促进作用且强度随浓度升高而加大。

供体植物中除沙打旺对长柄扁桃根长在较低浓度有促进作用外,苦豆草、红豆草、苜蓿浸提液都对长柄扁桃根长生长具有一定抑制作用。有研究表明,苜蓿叶的浸提液和其中毒性物质——香豆素处理后,稗草(*Echinochloa crusgalli*)根出现不正常的横向增粗,而根的伸长生长则显著受到抑制;苜蓿叶浸出液和香豆素显著抑制根尖细胞伸长生长和细胞分裂[29]。浸提液对长柄扁桃幼苗生长具有不同程度的影响,这可能与几种草本植物浸提液中所含化感物质成分不同、化感物质浓度差异有关。

几种草本植物对长柄扁桃种子萌发及幼苗生长产生不同的影响,说明在草本植物中含有某些亲水性的化感物质,可对长柄扁桃种子萌发及植株生长

(C)1994-2021 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

产生不同的化感效应,需继续研究以明确所含化感物质的成分,促进或抑制作用的机理还需深入提取其中的化感物质进行鉴定以及大量的田间试验加以证实。

参考文献:

[1] 张艳福,姚卫杰,郭其强,等. 干旱胁迫对砂生槐种子萌发和幼苗生长的影响[J]. 西北农林科技大学学报:自然科学版,2015,43(10):45-56.
ZHANG Y F,YAO W J,GUO Q Q,*et al*. Effect of drought stress on seed germination and seedling growth of *Sophora moorcroftiana*[J]. Journal of Northwest A&F University: Natural Science Edition,2015,43(10):45-56. (in Chinese)

[2] 张霖. 青海云杉不同器官水提物对油松种子萌发和幼苗生长的化感作用[J]. 西北林学院学报,2015,30(6):22-27.
ZHANG L, Allelopathic effects of aqueous extracts of *Picea crassifolia* on different organs on seed germination and seedling growth of *Pinus tabuliformis*[J]. Journal of Northwest Forestry University,2015,30(6):22-27. (in Chinese)

[3] 周青. 化感作用对生态系统的影响[J]. 自然杂志,2000,22(6):320-322.
ZHOU Q. Effects of allelopathy on ecosystem[J]. Chinese Journal of Nature,2000,22(6):320-322. (in Chinese)

[4] 郑世群,刘金福,冯雪萍,等. 戴云山不同类型植物群落的物种多样性与稳定性研究[J]. 西北林学院学报,2016,31(6):50-57.
ZHENG S Q,LIU J F,FENG X P,*et al*. Species diversity and stability of different plant communities in Daiyun Mountain[J]. Journal of Northwest Forestry University,2016,31(6):50-57. (in Chinese)

[5] 吴长虹,翟明普. 火炬树化感作用的初步研究[J]. 西北林学院学报,2008,23(6):162-165.
WU C H,ZHAI M P. A preliminary study on allelopathy of *Rhus typhina*[J]. Journal of Northwest Forestry University,2008,23(6):162-165. (in Chinese)

[6] DADKHAH. Allelopathic effect of sugar beet and eucalyptus on seed germination and growth of portulaca oleracea[J]. Russian Agricultural Sciences,2013,39(2):117-123.

[7] ABDUL R K M,SIDDIQUI M B. Allelotoxic effect of parthenin on cytomorphology of broad bean(hicia faba I.)[J]. Journal of the Saudi Society of Agricultural Ciences,2013,2(12):143-146.

[8] 申时才,徐高峰,张付斗,等. 红薯叶片浸提液对 5 种主要农田杂草种子萌发及幼苗生长的化感作用[J]. 生态学报,2017,37(6):1931-1938.
SHEN S C,XU G F,ZHANG F D,*et al*. Allelopathic effects of water extracts from sweet potato (Ipomoea batatas) leaves on five major farming weeds[J]. Acta Ecologica Sinica,2017,37(6):1931-1938. (in Chinese)

[9] 朱兆华,官昭瑛,徐国钢,等. 假俭草作为先锋植物在道路边坡生态修复上的应用[J]. 西北林学院学报,2017,32(5):263-268.
ZHU Z H,GUAN Z Y,XU G G,*et al*. Application of centipedegrass (*Eremochloa ophiuroides*) as pioneer plants in ecological restoration of road slope[J]. Journal of Northwest Forestry University,2017,32(5):263-268. (in Chinese)

[10] 赵粉侠,李根前. 林草复合系统研究现状[J]. 西北林学院学报,1996,11(4):81-86.
ZHANG F X,LI G Q. Current advance of tree-grass complex system researches [J]. Journal of Northwest Forestry University,1996,11(4):81-86. (in Chinese)

[11] 林文雄,熊君,周军建,等. 化感植物根际生物学特性研究现状与展望[J]. 中国生态农业学报,2007,15(4):1-8.

[12] 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.
WANG J H,CHEN T,LIN W X. Plant allelopathy types and their application in agriculture[J]. Chinese Journal of Eco-Agriculture,2013,21(10):1173-1183. (in Chinese)

[13] 鲁春艳,井赵斌,冯喜兵,等. 植物生长调节剂对长柄扁桃种子萌发及幼苗生长的影响[J]. 西北林学院学报,2015,30(5):118-125.
LU C Y,JING Z B,FENG X B,*et al*. Effects of plant growth regulators on seed germination and seedling growth of *Amygdalus pedunculata*[J]. Journal of Northwest Forestry University,2015,30(5):118-125. (in Chinese)

[14] 马毓泉. 内蒙古植物志[M]. 呼和浩特:内蒙古人民出版社,1989:115-168.

[15] 国家环境保护局. 中国珍稀濒危保护植物名录:第 1 册[M]. 北京:科学出版社,1989:12.

[16] 郭春会,罗梦,马玉华,等. 沙地濒危植物长柄扁桃特性研究进展[J]. 西北农林科技大学学报:自然科学版,2005,33(12):125-129.
GUO C H,LUO M,MA Y H,*et al*. Advances of characteristic research of threatened long carpopodium almond[J]. Journal of Northwest A&F University: Natural Science Edition,2005,33(12):125-129. (in Chinese)

[17] 罗凤敏,张利文,高永,等. 科尔沁沙地幼龄长柄扁桃生长特性对施肥的响应[J]. 中国水土保持科学,2013,11(6):87-92.
LUO F M,ZHANG L W,GAO Y,*et al*. Growth characteristics of young *Amygdalus pedunculata* Pall. in response to fertilization in Kerqin sandy land[J]. Science of Soil and Water Conservation,2013,11(6):87-92. (in Chinese)

[18] 时腾飞,刘增文,田楠,等. 黄土区石油污染对土壤及豆科灌草植物的潜在影响[J]. 草地学报,2013,21(2):295-301.
SHI T F,LIU Z W,TIAN N,*et al*. Potential influence of petroleum pollution on soil and egume shrub sand grassed in the Loess Area[J]. Acta Agrestia Sinica,2013,21(2):295-301. (in Chinese)

[19] 格根图,刘燕,贾玉山,等. 沙打旺茎秆的饲用价值评价[J]. 中国草地学报,2013,35(4):71-75.
GE G T,LIU Y,JIA Y S,*et al*. Evaluation on the feeding value of *Astragalus adsurgens* stalk[J]. Chinese Journal of Grassland,2013,35(4):71-75. (in Chinese)

[20] 李玉占,梁文举,姜勇. 苜蓿化感作用研究进展[J]. 生态学杂志,2004,23(5):186-191.

(下转第 129 页)

(C)1994-2021 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

mediated source/sink modifications improve drought tolerance and increase grain yield in rice under water-stress[J]. Plant Biotechnology Journal,2011,9:747-758.

[11] QIN H,GU Q,ZHANG J,*et al*. Regulated expression of an isopentenyltransferase gene (*IPT*) in peanut significantly improves drought tolerance and increases yield under field conditions[J]. Plant Cell Physiology,2011,52(11):1904-1914.

[12] CECILIA DÉCIMA O,MARÍA E O,IRENE B,*et al*. Water deficit stress tolerance in maize conferred by expression of an isopentenyltransferase(*IPT*) gene driven by a stress- and maturation-induced promoter[J]. Journal of Biotechnology,2016,220:66-77.

[13] **贾红梅,王碧玉,刘迪,等. 农杆菌介导 *CBL* 基因对菊花品种'C008'的转化[J]. 西北林学院学报**,2017,32 (1):184-189.
JIA H M,WANG B Y,LIU D,*et al*. *Agrobacterium*-mediated transformation of *Chrysanthemum morifolium* 'C008' with *CBL* gene[J]. Journal of Northwest Forestry University,2017,32 (1):184-189. (in Chinese)

[14] **冯连荣,宋立志,张妍,等. 根癌农杆菌介导杨树遗传转化的影响因素[J]. 西北林学院学报**,2015,30(3):120-126.
FENG L R,SONG L Z,ZHANG Y,*et al*. Influence factors on *Agrobacterium* mediated transformation efficiency of *Populus* [J]. Journal of Northwest Forestry University,2015,30(3):120-126. (in Chinese)

[15] **詹立下,姜静,赵鑫,等. 农杆菌抑菌剂的抑菌效果及其对小黑杨叶片不定芽产生率的影响[J]. 植物生理学通讯**,2004,40(6):689-692.
ZHAN L X,JIANG J,ZHAO X,*et al*. Effect of antibiotics on *Agrobacterium* and the formation rate of adventitious buds from leaves of *Populus simonii* × *P. nigra*[J]. Plant Physiology Communications,2004,40(6):689-692. (in Chinese)

[16] **贾小明,樊军锋. 影响农杆菌介导的河北杨遗传转化的因素[J]. 西北林学院学报**,2006,21(5):102-105.
JIA X M,FAN J F. Factors affecting *Agrobacterium* mediated transformation of *Populus hopeiensis*[J]. Journal of Northwest Forestry University,2006,21(5):102-105. (in Chinese)

[17] **孙艳香,李美茹,张晓月. 根癌农杆菌介导的矮牵牛遗传转化体系研究[J]. 北方园艺**,2007(8):177-179.
SUN Y X,LI M R,ZHANG X Y. Studies on a. *tumefaciens-mediated* transformation procedure for *Petunia hybrida* Vilm [J]. Northern Horticulture,2007(8):177-179. (in Chinese)

[18] ZENG X F,ZHAO D G. Expression of IPT in asakura-sanshoo (*Zanthoxylum piperitum* L.) DC. f. inerme Makino) alters tree architecture,delays leaf senescence,and changes leaf essential oil composition[J]. Plant Molecular Biology Reporter,2016,34:649-658.

(**上接第 99 页**)

[21] **刘影,赵玉,穆尼热,等. 伊犁河谷苦豆子植冠种子库特征[J]. 生态学杂志**,2017,36(4):910-915.
LIU Y,ZHAO Y,MU N R,*et al*. Canopy seed bank of *Sophora alopecuroides* L. in Ili river valley[J]. 2017,36(4):910-915. (in Chinese)

[22] **李志华,沈益新,倪建华,等. 豆科牧草化感作用初探[J]. 草业科学**,2002,19(8):28-31.
LI Z H,SHEN Y X,NI J H,*et al*. A preliminary study on the allelopathy of legumes[J]. Pratacultural Science,2002,19(8):28-31. (in Chinese)

[23] **高承芳,翁伯琦,王义祥,等. 决明属(*Chamaecrista* spp.)豆科牧草 8 个品种化感潜力的研究[J]. 热带作物学报**,2009,30(8):1181-1185.
GAO C F,WENG B Q,WANG Y X,*et al*. Evaluation of allelopathic potential in eight accessions of *Chamaecrista* spp. [J]. Chinese Journal of Tropical Crops,2009,30(8):1181-1185. (in Chinese)

[24] **国家林业局. 林木种子检验规程**[S]. GB2772-1999:**北京:中国标准出版社**,1999.

[25] **赵莉莉,杨途熙,魏安智,等. 花椒叶浸提液对 4 种牧草种子的化感作用[J]. 西北林学院学报**,2017,32(2):150-154.
ZHAO L L,YANG T X,WEI A Z,*et al*. Allelopathy of aqueous extract of *Zanthoxylum bungeanum* leaves on four grass seeds[J]. Journal of Northwest Forestry University,2017,32(2):150-154. (in Chinese)

[26] **海棠,胡跃高,曾昭海,等. 草原 2 号杂花苜蓿浸提液对 4 种牧草种子萌发的影响[J]. 草地学报**,2010,18(5):719-725.
HA T,HU Y G,ZENG Z H,*et al*. Effects of aqueous extracts from *Medicago variacv*. caoyuan No. 2 on grass seed germination[J]. Acta Agrestia Sinica,2010,18(5):719-725. (in Chinese)

[27] **袁莉. 苜蓿自毒性特征及其对农作物的他感影响[D]. 石河子:石河子大学**,2008.

[28] **刘爱荣,张远兵,张雪梅,等. 空心莲子草水浸液对黑麦草和高羊茅种子发芽和幼苗生长的影响[J]. 草业学报**,2007,16(5):96-101.
LIU A R,ZHANG Y B,ZHANG X M,*et al*. Allelopathic effects of aquatic lixivium and extracts from *Alternanthera philoxeroides* on seed germination and early seedling growth of *Lolium perenne* and *Festuca arundinacea*[J]. Acta Agrestia Sinica,2007,16(5):96-101. (in Chinese)

[29] **郭晓霞,沈益新,李志华. 几种豆科牧草地上部水浸提液对稗草种子和幼苗的化感效应[J]. 草地学报**,2006,14(4):356-359.
GUO X X,SHEN Y X,LI Z H. A study on the allelopathic effect of water extracts from aerial part of legume herbages on germination and seedling growth of barnyard grass[J]. Acta Agrestia Sinica,2006,14(4):356-359. (in Chinese)

(C)1994-2021 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net