

核桃凋落叶浸提液对一年生黑麦草和白花草木樨种子萌发及幼苗生长的化感效应

宋士豪^{1,2}, 李江文^{1*}, 何邦印^{1,2}, 裴婧宏^{1,2}, 樊慧^{1,2}

(1. 延安大学生命科学学院, 陕西 延安 716000; 2. 延安大学陕西省红枣重点实验室, 陕西 延安 716000)

摘要:【目的】研究核桃(*Juglans regia*)凋落叶浸提液对一年生黑麦草和白花草木樨种子萌发及幼苗生长化感效应, 为林草建植提供理论依据, 有利于核桃经济林可持续发展。【方法】以一年生黑麦草(*Lolium multiflorum*)和白花草木樨(*Melilotus albus*)作为研究受体, 设置不同浓度核桃凋落叶浸提液, 分析核桃凋落叶浸提液对豆禾牧草种子萌发及幼苗生长的影响。【结果】1) 高浓度核桃凋落叶浸提液显著降低了一年生黑麦草的发芽率和发芽势, 且随着浸提液浓度的增高, 一年生黑麦草的发芽速率显著降低; 随着浸提液浓度的增高, 白花草木樨的发芽势和发芽速率呈先升高后降低趋势, 发芽时间缩短; 2) 核桃凋落叶浸提液降低了白花草木樨幼苗叶绿素含量; 中等浓度下一年生黑麦草的根系活力显著增加; 3) 高浓度下一年生黑麦草幼苗抗氧化酶活性显著降低; 白花草木樨幼苗过氧化氢酶活性随浸提液浓度的增加呈先升高后下降的趋势。【结论】核桃凋落叶对豆禾牧草种子萌发及幼苗生长化感作用显著, 林下建植牧草应充分考虑核桃凋落叶所产生的化感物质对所选草种的影响。

关键词:化感作用; 牧草; 种子萌发; 幼苗生长; 抗氧化指标

中图分类号:S544 **文献标志码:**A **文章编号:**1009-5500(2024)04-0235-07

DOI:10.13817/j.cnki.cycp.2024.04.027



林下生草是果园管理中常见的一种技术, 也是提高土地利用效率的重要途径之一^[1-2]。在以往的研究中多关注林草复合生态系统水、热、光、气的互补和植株形态结构的搭配, 而忽视了林草不同植物间产生的特殊物质所引起的化感效应。核桃凋落叶具有较强的化感作用^[3], 凋落叶的积累隔离土层, 受雨水淋溶产生的物质导致核桃林下极难生草^[4], 水土流失严重, 造成了一定的经济损失, 研究核桃林下牧草的种植有利于克服化感物质对植物生长的胁迫, 对提高土地利用

率, 改善生态系统有重要指导意义。

化感作用是植物与微生物等向外界环境释放代谢产物, 从而影响到自身以及周围其他动植物以及微生物的现象^[5]。化感物质对种子萌发和植株生长具有一定的促进或抑制作用, 植物提取物在低浓度下刺激细胞伸长, 而在高浓度下抑制细胞伸长, 影响植物生长^[6]。例如, 中国西南马缨杜鹃(*Rhododendron delavayi*)林不同土层的化感潜力和化感物质组成研究表明, 凋落物和腐殖质层的水浸提液显著抑制马缨杜鹃、苇状羊茅(*Festuca arundinacea*)和黑麦草(*Lolium perenne*)的种子萌发, 其中凋落物层的抑制作用最强^[7], 凋落物浸提液对植物生长发育影响重大; Fozia等^[8]通过研究银胶菊(*Parthenium hysterophorus*)叶和花对鹰嘴豆(*Cicer arietinum*)生长发育的影响, 结果表明较高浓度浸提液抑制了鹰嘴豆的种子萌发及幼苗生长; 核桃叶提取物的植物毒性及化感作用研究表明, 核桃叶片提取物对玉米(*Zea mays*)及杂草的生长

收稿日期: 2023-06-02; 修回日期: 2023-07-16

基金资助: 陕西省自然科学基金项目(2021JQ-623); 延安大学大学生创新创业训练计划项目(D2021098)

作者简介: 宋士豪(2000-), 男, 天津武清人, 本科生。

E-mail: s17600681760@163.com

*通信作者。E-mail: jiangwen-0105@163.com

有显著的抑制作用^[9];高粱(*Sorghum bicolor*)残留物的掺入可以提高土壤质量指标,抑制杂草生长,提高产量^[10]。杯腺柳叶片枯落物浸提液对高寒灌丛草地6种草种子萌发呈“低促高抑”的现象^[11]。可见,不同的植物种对浸提液的响应不同,体现出促进或者抑制作用。总之,不同浓度的浸提液对植物的生理生化特征影响不同,不同物种的种子萌发及幼苗生长对浸提液的响应不同。核桃是陕北地区主要的经济林之一,由于化感作用,林下多为裸地,造成了一定的经济损失。故而,研究植物的化感作用对种子萌发及幼苗生长有重要意义。

白花草木樨(*Melilotus albus*)是我国北方草地常见的豆科植物,能与根瘤菌共生产氮,可提高土壤肥力^[12];一年生黑麦草(*Lolium multiflorum*)是一种冷季型优良禾本科牧草,具有较高的经济价值^[13]。本研究以豆科和禾本科牧草作为研究受体,依据单位面积内核桃凋落叶干物质量和多年平均降水量,设置不同浓度核桃凋落叶浸提液,通过测定种子萌发及生理生化指标,分析核桃凋落叶对一年生黑麦草和白花草木樨种子萌发及幼苗生长化感效应研究,旨在为核桃林下生草提供理论依据。

1 材料和方法

1.1 试验材料

2021年10月,于陕西省商洛市洛南县古城镇(110°21'51" E, 34°1'27" N)进行核桃凋落叶采集,将核桃凋落叶于60℃下烘干并粉碎,用作制备浸提液,供试种子为一年生黑麦草和白花草木樨。

1.2 试验方法

浸提液制备:将100 g核桃叶样品与1 000 mL蒸馏水混合并震荡均匀,放置24 h,以100 g/L为原始浓度(原始浓度由林下单位面积实际落叶生物量和年降水量决定),记为E,使用蒸馏水将原始浓度浸提液分别稀释为H(50 g/L)、M(25 g/L)、L(12.5 g/L),以蒸馏水培养组作为对照组。

采用砂培法进行种子萌发试验,每个育种盘中定量添加80 mL不同浓度浸提液(4个试验组)和蒸馏水(对照组),每组3个重复,共计30盘,每盘100粒。置于25℃、90%相对湿度、75%光照条件下进行培养。放置培养箱当天为发芽第1天,每隔24 h统计并记录

发芽数,连续发芽数不变时为发芽终点时间。发芽结束后连续培养30 d,测相关指标。

种子萌发指标主要测定发芽率、发芽势、发芽速率及发芽时间,并计算发芽率化感作用系数(the indices of allelopathic effects, RI)^[14];采用TTC法测定幼苗根系活力;用分光光度计比色法测定叶绿素含量,采用硫代巴比妥酸法测定丙二醛(MDA)含量,采用愈创木酚法测定过氧化物酶(POD)活性,采用氮蓝四唑法测定超氧化物歧化酶(SOD)活性,用高锰酸钾滴定法测定过氧化氢酶(CAT)活性^[15]。

$$\text{发芽率: GP} = (N_g / N_t) \times 100\%$$

$$\text{发芽指数: GI}(\%) = \sum(G_t / D_t)$$

$$\text{化感效应指数: RI} = 1 - C/T(T \geq C); \text{RI} = T/C - 1(T < C)$$

发芽时间是发芽停止时间与首次发芽时间的差值,发芽势为第4天发芽数量与播种总数的比值。式中:GP为发芽率, N_g 为发芽种子数, N_t 为种子总数。GI为发芽速率, G_t 从实验开始到第t日发芽数, D_t 是相应的发芽时间。T为处理值,C为对照值,RI为正值表示化感物质具有促进作用,负值表示化感物质具有抑制作用,绝对值代表化感作用强度。

1.3 数据采集与处理

结果数据采用Excel整理,单因素方差分析(ANOVA)使用SPSS 23.00,显著性检验在0.05水平下进行,使用Origin 21.00对统计分析结果作图。

2 结果与分析

2.1 不同浓度浸提液对豆禾牧草种子萌发的影响

同对照组相比,高浓度核桃叶片浸提液显著降低一年生黑麦草的发芽率和发芽势($P < 0.05$),随着浸提液浓度的增高,一年生黑麦草的发芽速率显著降低($P < 0.05$),发芽时间无显著差异(表1)。H浓度下白花草木樨的发芽率显著降低,随着浸提液浓度的增高,白花草木樨的发芽势和发芽速率呈先升高后降低趋势,发芽时间有所缩短。从化感效应指数看,一年生黑麦草的发芽率和发芽势随浸提液浓度的增加其化感强度增强,白花草木樨的发芽率随浸提液浓度的增加化感强度先增加后降低。白花草木樨化感强度先增强后减弱,浸提液对一年生黑麦草的抑制性作用随浓度增加而增加。

相同浓度浸提液下,一年生黑麦草的发芽率和发芽时间整体上高于白花草木樨,其中一年生黑麦草的

发芽率最高达到 91%,白花草木樨的发芽势和发芽速率整体上高于一年生黑麦草(表 1)。

表 1 不同浓度浸提液下豆禾牧草种子萌发结果

Table 1 Germination results of legumes and grass forages seeds under different concentrations of extracts

牧草	处理	发芽率/%	化感效应指数	发芽势/%	发芽指数	发芽时间/d
白花草木樨	CK	68.33±2.91 ^{ABb}		0.63±0.02 ^{Ba}	0.14±0.00 ^{Ca}	4.67±0.33 ^{Aa}
	L	66.33±4.18 ^{BCb}	-0.03	0.66±0.05 ^{Ba}	0.14±0.00 ^{Ba}	2.33±0.88 ^{Bc}
	M	76.00±1.73 ^{Ab}	0.11	0.76±0.02 ^{Aa}	0.14±0.00 ^{ABa}	2.67±0.33 ^{Bc}
	H	59.67±0.33 ^{Cb}	-0.12	0.60±0.00 ^{Ba}	0.14±0.00 ^{Aa}	2.33±0.33 ^{Bb}
	E	65.33±1.20 ^{BCa}	-0.04	0.65±0.01 ^{Ba}	0.14±0.00 ^{Ba}	3.67±0.67 ^{ABb}
一年生黑麦草	CK	89.67±2.96 ^{Aa}		0.66±0.01 ^{ABa}	0.13±0.00 ^{Ab}	6.00±0.58 ^{Aa}
	L	89.67±2.33 ^{Aa}	0	0.56±0.03 ^{Ba}	0.13±0.00 ^{Ab}	5.67±0.33 ^{Ab}
	M	91.33±3.18 ^{Aa}	0.25	0.70±0.06 ^{Aa}	0.13±0.00 ^{Ab}	5.33±0.33 ^{Ab}
	H	72.67±2.19 ^{Ba}	-0.19	0.40±0.02 ^{Cb}	0.12±0.00 ^{Bb}	5.00±0.58 ^{Aa}
	E	69.00±2.08 ^{Ba}	-0.23	0.24±0.03 ^{Db}	0.12±0.00 ^{Cb}	6.00±0.00 ^{Aa}

注:大写字母不同表示不同浓度之间差异性显著($P<0.05$),小写字母不同表示相同浓度不同草种之间差异性显著($P<0.05$)。

2.2 不同浓度浸提液对豆禾牧草幼苗根系活力及叶绿素含量的影响

同对照组相比,不同浓度处理组白花草木樨叶绿素含量降低,一年生黑麦草叶绿素含量无显著差异,M 浓度下,一年生黑麦草的根系活力显著高于其他处理,白花草木樨根系活力无显著差异(图 2)。

同浓度下一年生黑麦草和白花草木樨的差异,对

照组以及 M 浓度下 2 种牧草幼苗根系活力和叶绿素含量无显著差异;L 和 H 浓度下,一年生黑麦草的叶绿素含量显著高于白花草木樨($P<0.05$),2 种牧草根系活力无显著差异;E 浓度下,一年生黑麦草的叶绿素含量显著高于白花草木樨($P<0.05$),白花草木樨的根系活力显著高于一年生黑麦草($P<0.05$)。

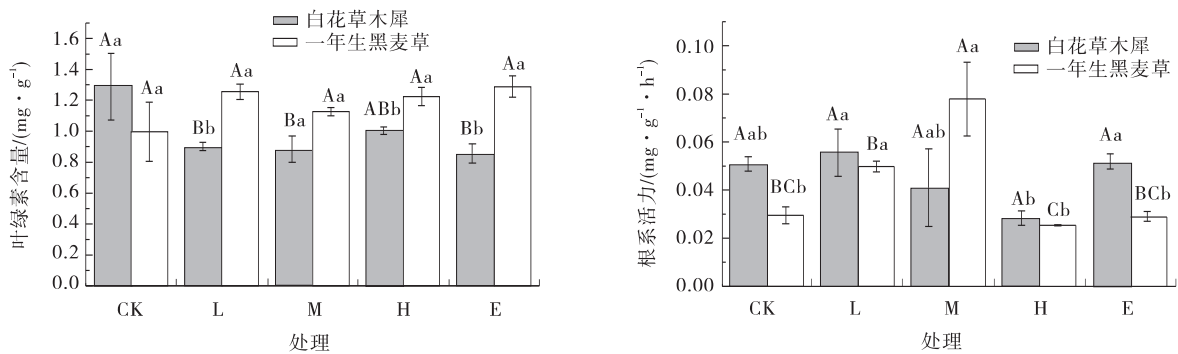


图 1 不同浓度浸提液下豆禾牧草幼苗根系活力及叶绿素含量

Fig. 1 Root activity and chlorophyll content of soybean grass seedlings under different concentrations of extracts

注:大写字母不同表示不同浓度之间差异性显著($P<0.05$),小写字母不同表示不同品种之间差异性显著($P<0.05$)。

2.3 不同浓度浸提液对豆禾牧草幼苗生化指标的影响

白花草木樨在 L 和 H 浓度下的丙二醛含量显著低于对照组($P<0.05$),其过氧化物酶活性无显著差异,随浸提液浓度的增加,白花草木樨的过氧化氢酶活性整体上呈先升高后降低趋势($P<0.05$),高浓度下白花草木樨的超氧化物歧化酶活性显著低于对照组(表 2)。一年生黑麦草在高浓度下的丙二醛含量显著低

于对照组,M 和 H 浓度下的过氧化物酶活性显著低于对照组($P<0.05$),过氧化氢酶活性随浸提液浓度的增加而降低($P<0.05$),H 浓度下超氧化物歧化酶活性显著高于对照组($P<0.05$),其他浓度下超氧化物歧化酶活性无显著差异。

对照组白花草木樨的丙二醛含量、过氧化物酶活性和超氧化物歧化酶活性显著高于一年生黑麦草(P

<0.05),一年生黑麦草的过氧化氢酶活性显著高于白花草木樨($P<0.05$);L浓度下,2种牧草丙二醛含量无显著差异,白花草木樨的过氧化物酶活性和超氧化物歧化酶活性显著高于一年生黑麦草($P<0.05$),一年生黑麦草的过氧化氢酶活性显著高于白花草木樨($P<0.05$),H浓度下两种牧草生化指标变化规律

与之一致;M浓度下,2种牧草丙二醛含量无显著差异,白花草木樨的过氧化物酶活性、过氧化氢酶活性和超氧化物歧化酶活性显著高于一年生黑麦草($P<0.05$),E浓度下2种牧草生化指标变化规律与之

表2 不同浓度浸提液下豆禾牧草幼苗生化指标

Table 2 Biochemical indicators of soybean and grass seedlings under different concentrations of extracts

处理	牧草种	丙二醛/ ($\mu\text{mol}\cdot\text{g}^{-1}$)	过氧化物酶活性/ ($\text{U}\cdot\text{g}\cdot\text{min}^{-1}$)	过氧化氢酶活性/ ($\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$)	超氧化物歧化酶活 性/($\text{U}\cdot\text{g}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$)
CK	白花草木樨	0.04±0.01 ^{Aa}	29.56±3.19 ^{Aa}	3.48±0.03 ^{Db}	28.37±0.59 ^{Aa}
	一年生黑麦草	0.02±0.00 ^{Ab}	20.22±0.48 ^{Ab}	4.49±0.00 ^{Aa}	16.99±1.21 ^{Bb}
L	白花草木樨	0.02±0.00 ^{Ba}	29.11±2.00 ^{Aa}	3.85±0.01 ^{Bc}	27.22±0.69 ^{ABa}
	一年生黑麦草	0.02±0.00 ^{Aa}	18.67±0.19 ^{ABb}	4.34±0.01 ^{Bb}	20.08±1.04 ^{ABb}
M	白花草木樨	0.03±0.00 ^{ABa}	26.56±1.90 ^{Aa}	4.43±0.03 ^{Ab}	27.54±0.62 ^{ABa}
	一年生黑麦草	0.02±0.00 ^{Aab}	18.11±0.95 ^{Bb}	3.82±0.01 ^{Cc}	16.21±2.72 ^{Bb}
H	白花草木樨	0.01±0.00 ^{Ba}	25.22±1.11 ^{Aa}	3.20±0.02 ^{Ec}	26.62±0.28 ^{ABa}
	一年生黑麦草	0.01±0.00 ^{Ba}	16.11±0.11 ^{Cb}	3.88±0.06 ^{Cb}	24.60±1.02 ^{ABb}
E	白花草木樨	0.03±0.01 ^{ABa}	27.78±0.68 ^{Aa}	3.72±0.03 ^{Cb}	25.24±0.04 ^{Ba}
	一年生黑麦草	0.01±0.00 ^{Ba}	19.56±0.29 ^{ABb}	3.51±0.02 ^{Dc}	17.84±0.71 ^{ABb}

注:大写字母不同表示不同浓度之间差异性显著($P<0.05$),小写字母不同表示不同牧草种之间差异性显著($P<0.05$)。

3 讨论

3.1 不同浓度核桃凋落叶浸提液对豆禾牧草种子萌发的影响

植物凋落叶化感作用强弱与浸提液浓度和供试草种的种类有关^[16]。在本研究中,核桃凋落叶浸提液对一年生黑麦草和白花草木樨的种子萌发均表现为高浓度抑制作用,其中一年生黑麦草种子萌发随浸提液浓度的增加化感效应增强,这与众多研究结果一致,如紫花丹(*Plumbago rosea*)提取物对水芹(*Lepidium sativum*)种子萌发及幼苗生长表现出高浓度抑制作用^[17]。本研究表明,同种浓度浸提液下,一年生黑麦草和白花草木樨的种子萌发表现不同,一年生黑麦草发芽率显著高于白花草木樨,而白花草木樨发芽势和发芽速率显著高于一年生黑麦草,表现出同等浸提液对不同品种的植物发芽影响不同,这与油茶(*Camellia oleifera*)浸提液对2种牧草的化感作用基本一致^[18],另外25.0 g/L的浸提液为供试草种最佳发芽

浓度。

3.2 不同浓度核桃凋落叶浸提液对豆禾牧草幼苗根系活力及叶绿素含量的影响

叶绿素对植物生长至关重要^[19]。同对照组相比,白花草木樨叶绿素含量整体降低,黑麦草叶绿素含量无明显差异,出现这种情况可能由于化感物质对一年生黑麦草影响较小,化感物质降低了白花草木樨的叶绿素含量,对幼苗生长具有一定的抑制作用,一年生黑麦草叶绿素含量整体上高于白花草木樨。有研究分析铁杆蒿(*Artemisia gmelinii*)浸提液,对小麦幼苗生长和根系活力的影响,结果表明低浓度下小麦幼苗根系活力增强,一定程度促进幼苗生长^[20],本研究在不同浓度下,白花草木樨根系活力无显著差异,一年生黑麦草根系活力随浸提液浓度的增加呈先升高后降低趋势,在25.0 g/L时达到最大值,其他同等浓度下白花草木樨根系活力高于一年生黑麦草,与该研究结果基本一致,高浓度下,化感作用增强,对植物幼苗的根具有一定的损伤,降低了幼苗的根系活力。

3.3 不同浓度核桃凋落叶浸提液对豆禾牧草幼苗生化指标的影响

植物遭到胁迫时,会受到活性氧毒害作用,使膜脂发生氧化,生成的丙二醛会损伤生物膜系统,且丙二醛含量越高损害程度越大^[21]。在本研究中,同对照组相比,50.0 g/L和100.0 g/L浸提液处理下一年生黑麦草和白花草木樨MDA含量显著降低,这可能是2种草种对高浓度浸提液敏感,植物细胞大量被破坏不能合成MDA,这与巴茅草(*Miscanthus floridulus*)水浸提液对3种作物幼苗生长的影响基本一致^[22]。POD、CAT和SOD是植物清除活性氧系统的重要组成部分,三者协同作用可有效防止活性氧对细胞膜脂的氧化,抗氧化酶活性高低可反应植物受损害程度^[23-24]。本研究中,一年生黑麦草POD活性整体上呈先下降后上升趋势,这与郭姿英的研究结果基本一致^[25],说明中等浓度下幼苗未受到浸提液的胁迫,酶活性升高更有利于清除植物逆境下产生的活性氧;白花草木樨POD活性同对照组相比无显著变化。同种浸提液浓度下,白花草木樨POD和SOD活性显著高于一年生黑麦草。黄建贝等在核桃(*Juglans regia*)凋落叶对小麦(*Triticum aestivum*)的影响中发现,小麦体内过氧化氢酶活性随浸提液浓度增加显著低于对照组^[26],本研究中,白花草木樨CAT活性同对照组相比呈先上升后下降趋势,一年生黑麦草的CAT活性同对照组相比呈下降趋势,两者结果基本一致,CAT消除活性氧能力有限,随着浸提液浓度的增加,化感作用增强,其抑制作用超过幼苗的抗氧化能力的阈值,CAT活性降低,可能抑制幼苗生长^[27]。同对照组相比,白花草木樨在100.0 g/L浸提液下SOD活性显著下降,其他处理下无显著差异,说明高浓度下逆境胁迫超过幼苗自身恢复能力,使得SOD活性在高浓度浸提液下降低。一年生黑麦草在50.0 g/L浸提液下SOD活性显著高于对照组,说明该幼苗SOD积极参与活性氧清除,维持细胞功能正常运转。植物凋落物化感作用复杂多变,对于核桃凋落物对幼苗生长的生理生化机制有待进一步研究。

4 结论

本研究证实了核桃凋落叶浸提液对白花草木樨和一年生黑麦草有化感作用,相比对照组,白花草木

樨和一年生黑麦草种子的萌发整体上呈“低促高抑”的化感效应;化感物质对牧草叶绿素含量和根系活力的影响表现不同,一年生黑麦草叶绿素含量相比于对照组无明显差异,一年生黑麦草根系活力整体上显著高于对照组;浸提液对一年生黑麦草和白花草木樨的不同生长指标的作用规律不同,根据试验设置的浓度梯度,清除或保留一定数量的核桃树叶可提高牧草品质,为牧草建植提供理论依据。

参考文献:

- [1] 杨梅,王亚亚,陆皎云,等. 典型果园生草模式及果草系统资源调控研究进展[J]. 草业学报, 2017, 26(9): 189-199.
- [2] 余锦林,尤龙辉,徐惠昌,等. 果园生草改善土壤质量和锥栗农艺性状的效果[J]. 草业科学, 2021, 38(12): 2460-2470.
- [3] 赵晶晶,李卓蔚,许凌峰,等. 核桃凋落叶分解对滇重楼生理特性及药用品质的影响[J]. 生态学杂志, 2021, 40(12): 3982-3989.
- [4] 刘秀艳,郭丽珠,刘丽,等. 狼毒种子不同密度对6种草植物种子发芽及幼苗生长的化感影响[J]. 草原与草坪, 2019, 39(1): 1-6.
- [5] Hierro J L, Callaway R M. The ecological importance of allelopathy [J]. Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics, 2021, 52: 25-45.
- [6] Krumsri R, Boonmee S, Hisashi K. N. Evaluation of the allelopathic potential of leaf extracts from *Dischidia imbricata* (Blume) Steud. on the seedling growth of six test plants [J]. Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca, 2019, 47(4): 1019-24.
- [7] Kato-Noguchi H. Allelopathy and allelochemicals of *Impatiens cylindrica* as an invasive plant species [J]. Plants, 2022, 11(19): 2551.
- [8] Fozia S, Shahid I, Shakirullah K S. Comparative allelopathic effects of different parts of *Parthenium hysterophorus* L. on seed germination and biomasses of *Cicer arietinum* L. [J] Journal of Stress Physiology & Biochemistry, 2020, 16(1): 64-75.
- [9] Tijana Đorđević. Phytotoxicity and allelopathic potential of *Juglans regia* L. leaf extract [J]. Frontiers in Plant Science, 2022, 13: 986740-986740.
- [10] Ullah R, Aslam Z, Attia H, et al. Sorghum allelopathy: alternative weed management strategy and its impact on

- mung bean productivity and soil rhizosphere properties [J]. *Life*, 2022, 12(9): 1359.
- [11] 赵一珊,杨航,徐长林,等. 杯腺柳叶片枯落物浸提液对高寒灌丛草地6种草种子萌发的化感作用[J]. *草原与草坪*, 2023, 43(2): 67-74.
- [12] 牛书丽,蒋高明,高雷明,等. 内蒙古浑善达克沙地97种植物的光合生理特征[J]. *植物生态学报*, 2003, 27(3): 318-324.
- [13] 程少波,宋阳,杨巽喆,等. 一年生黑麦草遗传多样性分析及新品系‘川饲1号’指纹图谱构建[J]. *草业科学*, 2021, 38(12): 2381-2389.
- [14] Bruce W G, Richardson D. Bioassays for allelopathy: Measuring treatment responses with independent controls [J]. *Journal of chemical ecology*, 1988, 14(1): 181-7.
- [15] 王学奎. 植物生理生化实验原理和技术[M]. 北京:高等教育出版社, 2006.
- [16] Zhang Z, Liu Y, Yuan L, *et al.* Effect of allelopathy on plant performance: a meta-analysis[J]. *Ecology Letters*, 2021, 24(2): 348-362.
- [17] Lun T L, Iwasaki A, Suenaga K, *et al.* Two allelopathic substances from *Plumbago rosea* stem extracts and their allelopathic effects[J]. *Agronomy*, 2022, 12(9): 2020.
- [18] 刘书彤,王楠,李建安. 油茶浸提液对2种牧草的化感作用[J]. *分子植物育种*, 2020, 18(10): 3373-3381.
- [19] Ahmadi A, Shahidi S A, Safari R, *et al.* Evaluation of stability and antibacterial properties of extracted chlorophyll from alfalfa (*Medicago sativa* L.) [J]. *Food and Chemical Toxicology*, 2022, 163: 112980.
- [20] Yu Y, Cheng H, Wei M, *et al.* Silver nanoparticles intensify the allelopathic intensity of four invasive plant species in the Asteraceae [J]. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 2022, 94: e20201661.
- [21] Aziz M M, Ahmad A, Ullah E, *et al.* Plant allelopathy in agriculture and Its environmental and functional mechanisms: A review [J]. *Int J Food Sci Agr*, 2021; 5: 623-648.
- [22] 李金鑫,叶俊伟,刘大会. 巴茅草水浸提液对3种作物种子萌发及幼苗生长的化感作用[J]. *应用生态学报*, 2020, 31(7): 2219-2226.
- [23] Huang W, Reddy GV, Shi P, *et al.* Allelopathic effects of *Cinnamomum septentrionale* leaf litter on *Eucalyptus grandis* saplings [J]. *Global Ecology and Conservation*, 2020, 21: e00872.
- [24] 胡婧,李德颖,朱慧森,等. 草地早熟禾叶和根茎浸提液对3种花卉植物种子萌发的影响[J]. *草地学报*, 2019, 27(1): 178-184.
- [25] 郭英姿,贾文庆,何松林,等. 花叶滇苦菜浸提液对3种花卉种子萌发和幼苗生长的化感作用[J]. *草业学报*, 2022, 31(9): 96-106.
- [26] 黄建贝,胡庭兴,吴张磊,等. 核桃凋落叶分解对小麦生长及生理特性的影响[J]. *生态学报*, 2014, 34(23): 6855-6863.
- [27] Shi S, Cheng J, Ahmad N, *et al.* Effects of potential allelochemicals in a water extract of *Abutilon theophrasti* Medik. on germination and growth of *Glycine max* L., *Triticum aestivum* L., and *Zea mays* L. [J]. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 2023, 103(4): 2155-65.

Allelopathic effects of *Juglans regia* leaf litter extract on seed germination and seedling growth of *Lolium multiflorum* and *Melilotus albus*

SONG Shi-hao^{1,2}, LI Jiang-wen^{1*}, HE Bang-yin^{1,2}, PEI Jing-hong^{1,2}, FAN Hui^{1,2}

(1. College of Life Sciences, Yan'an University, Yan'an 716000, China; 2. Shaanxi Key Laboratory of Chinese Jugube Yan'an University, Yan'an 716000, China)

Abstract: [Objective] The study of the allelopathic effect of *Juglans regia* leaf litter extract on seed germination and seedling growth of *Lolium multiflorum* and *Melilotus albus* grass provides a theoretical basis for forest and grass

planting in northern Shaanxi, and is conducive to the sustainable development of *J. regia* economic forest. **【Method】** This study *L. multiflorum* and *M. albus* were used as research receptors, and different concentrations of *J. regia* fallen leaf extracts were set up to analyze the effects of *J. regia* fallen leaf extracts on seed germination and seedling growth of legume grass. **【Result】** (1) High concentration of *J. regia* leaf litter extract had a significant inhibitory effect on the germination rate and germination potential of *L. multiflorum*, and with the increase of extract concentration, the germination rate of *L. multiflorum* significantly decreased. As the concentration of the extract increased, the germination potential and germination rate of *M. albus* showed a trend of first increasing and then decreasing, and the germination time decreases. (2) The extraction solution of *J. regia* withered leaves reduced the chlorophyll content of *M. albus* and osmanthus seedlings. While at moderate concentrations, under the influence of the extraction solution of *J. regia* withered leaves, the root activity of *L. multiflorum* significantly increased. (3) The antioxidant enzyme activity of *L. multiflorum* seedlings was significantly reduced under high concentration. The catalase activity in the seedlings of *M. albus* increased first and then decreased with the increase of extract concentration. **【Conclusion】** *J. regia* leaf litter had a significant effect on seed germination and seedling growth of soybean grass, and the effects of allelochemicals produced by *J. regia* leaf litter on the selected grass species should be fully considered when planting grass in the underforest.

Key words: allelopathy; pasture; seed germination; seedling growth; antioxidant index

(责任编辑 刘建荣)