

DOI: 10.11686/cyxb20200003

<http://cyxb.magtech.com.cn>

牛欢欢, 王森森, 贾宏定, 等. 光叶紫花苕子浸提液对 4 种牧草种子萌发过程的化感作用. 草业学报, 2020, 29(9): 161—168.

Niu H H, Wang S S, Jia H D, *et al.* Allelopathic effects of extracts of *Vicia villosa* on the germination of four forage seeds. Acta Prataculturae Sinica, 2020, 29(9): 161—168.

光叶紫花苕子浸提液对 4 种牧草 种子萌发过程的化感作用

牛欢欢, 王森森, 贾宏定, 陈桂华*

(湖南农业大学农学院, 湖南 长沙 410128)

摘要:以光叶紫花苕子为供体植物, 采用生物测定法, 研究供体材料地上部及地下部不同浓度浸提液(2.5、5.0、10.0、20.0、40.0 g · L⁻¹)对燕麦、黑麦草、紫花苜蓿和白三叶 4 种牧草种子萌发过程的影响, 以期为牧草间的轮作提供理论依据。结果表明:在供试浓度范围内, 光叶紫花苕子地上部浸提液明显抑制紫花苜蓿和白三叶的种子萌发, 且白三叶种子发芽率随着浓度的增加而降低, 40 g · L⁻¹处理下的白三叶种子发芽率与对照相比减少 62.5%; 光叶紫花苕子地下部浸提液抑制黑麦草、紫花苜蓿和白三叶幼苗根长, 其中, 40 g · L⁻¹处理下紫花苜蓿根长与对照相比抑制作用最为显著, 抑制率达 64.94%; 在地下部浸提液对 4 种牧草幼苗苗高的影响中, 紫花苜蓿幼苗苗高在 40 g · L⁻¹处理下与对照相比差异显著。同时发现, 不同浓度的浸提液处理均降低黑麦草、紫花苜蓿和白三叶幼苗叶绿素含量, 而增加燕麦幼苗叶绿素含量, 在 20 g · L⁻¹地下部浸提液处理下, 燕麦叶绿素含量与对照相比增加 144.23%; 地下部浸提液均显著增加紫花苜蓿与白三叶幼苗过氧化物酶(POD)活性, 与对照相比差异显著; 浸提液处理可增加白三叶幼苗的过氧化氢酶(CAT)活性, 但其降低紫花苜蓿幼苗的 CAT 活性。

关键词:光叶紫花苕子; 浸提液; 牧草; 种子萌发; 化感作用

Allelopathic effects of extracts of *Vicia villosa* on the germination of four forage seeds

NIU Huan-huan, WANG Sen-sen, JIA Hong-ding, CHEN Gui-hua*

College of Agronomy, Hunan Agricultural University, Changsha 410128, China

Abstract: This research used a bioassay method to evaluate the effects of a range of concentrations (2.5, 5.0, 10.0, 20.0, 40.0 g · L⁻¹) of extracts of aboveground and underground parts of *Vicia villosa* on seed germination of four important forage species: *Avena sativa*, *Lolium multiflorum*, *Medicago sativa* and *Trifolium repens*. The results showed that in the concentration range tested, the *V. villosa* extracts of aboveground parts significantly inhibited the seed germination of *M. sativa* and *T. repens*. The inhibitory effect of *T. repens* increased with increasing concentration and the germination rate of *T. repens* seeds reduced by 62.5% compared with the control under the 40 g · L⁻¹ treatment. The extract of underground parts of *V. villosa* inhibited the root length of *L. multiflorum*, *M. sativa* and *T. repens*. Among the tested species, the *M. sativa* root length under 40 g · L⁻¹ treatment displayed the largest inhibitory effect (64.94%) compared with the control. With respect to the effects of the underground extract on seedling heights, the height of *M. sativa* seedlings under the 40 g · L⁻¹ treatment was significantly reduced, compared to the control. In some cases, the extracts re-

收稿日期: 2020-01-06; 改回日期: 2020-03-30

基金项目: 农业农村部物种资源保护费项目(131821301354051003)资助。

作者简介: 牛欢欢(1994-), 女, 汉, 河南郑州人, 硕士。E-mail: 1035613644@qq.com

* 通信作者 Corresponding author. E-mail: 158531879@qq.com

duced the chlorophyll content of *L. multiflorum*, *M. sativa* and *T. repens*. However, for *A. sativa*, treated with underground extracts at $20 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$, the chlorophyll content was increased by 144.23% compared to the control. Treatment with the underground extract significantly increased the peroxidase activity of *M. sativa* and *T. repens*. Treatment with the aboveground and underground extract of *V. villosa* enhanced the catalase (CAT) activity of *T. repens* and decreased the CAT activity of *M. sativa*.

Key words: *Vicia villosa*; water extract; forage plant species; seeds germination; allelopathy

化感作用是指植物(包括微生物)通过一定的途径向周围环境释放特定的化学物质(即化感物质),从而对同种或异种植物(包括微生物)的萌发和生长产生直接或间接影响的效应^[1-2]。植物体的各个器官几乎都存在化感物质,其中茎、叶器官所含化感物质最多^[3]。植物释放化学物质的途径通常被认为是通过淋溶、挥发、根系分泌、植株的分解及种子萌发和花粉传播而产生^[4-5]。植物的化感作用广泛存在,通过研究植物化感作用,确定化感物质,并应用到农业生产中,可为农作物的轮作、连作制度提供依据^[6]。化感作用在作物增产、植物保护等方面有着广阔的应用前景^[7]。

研究表明一些具有饲用价值的牧草体内含有化感物质,其化感物质释放在自身生长的周围环境中,对自身及周围植物的生长产生影响。常见的优良牧草如紫花苜蓿(*Medicago sativa*)、白三叶(*Trifolium repens*)、红三叶(*Trifolium pratense*)、黄花草木樨(*Melilotus officinalis*)和狗牙根(*Cynodon dactylon*)通过研究均被证实具有化感作用^[1],而关于光叶紫花苕子(*Vicia villosa*)化感作用的研究一直较为缺乏。光叶紫花苕子属双子叶植物纲豆科巢菜属变种,一年生草本植物,具有高产、优质的特点,是一种优质冬春补饲青草^[8],也是新建人工草地较理想的保护伴种植物^[9]。光叶紫花苕子在冬闲的种植面积逐年增长,因此研究其化感作用在农田合理轮作中的应用具有重要的现实意义。本试验通过室内生物测定法研究光叶紫花苕子不同部位浸提液对燕麦(*Avena sativa*)、黑麦草(*Lolium multiflorum*)、紫花苜蓿和白三叶4种常见牧草种子及幼苗生长的影响,旨在了解光叶紫花苕子的化感作用,并对其化感作用潜力进行评价,为光叶紫花苕子与其他牧草的轮作及实现饲草的优质高产提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

光叶紫花苕子于2018年10月14日在湖南农业大学耘园实验基地(113°7' E, 28°18' N)种植,并在当年12月15日进行采集,燕麦品种青海444(*A. sativa* cv. Qinghai444)、黑麦草品种特高(*L. multiflorum* cv. Tetragold)、紫花苜蓿品种吉利(*M. sativa* cv. Ghillie)和白三叶品种海发(*T. repens* cv. Haifa)4种牧草种子均由湖南农业大学农学院草业科学研究所提供。

1.2 试验方法

1.2.1 浸提液的制备 将采集的光叶紫花苕子地上部和地下部分开剪成小段,于室内通风处自然晾干,用粉碎机粉碎,分别称取其地上部和地下部各40 g,加蒸馏水1000 mL,浸提48 h,期间用玻璃棒搅拌数次,然后用滤纸过滤收集浸提液,获得质量浓度为 $40 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ 的地上部、地下部母液,用蒸馏水稀释获得质量浓度为2.5、5.0、10.0、20.0 $\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$ 的浸提液,4℃保存备用^[10]。

1.2.2 种子萌发及幼苗生长试验 选取种皮完整、粒圆饱满的牧草种子,用次氯酸钠消毒10 min,自来水冲洗数次,然后用蒸馏水冲洗5次,用滤纸吸干种子表面水分。选用直径12 cm×12 cm的发芽盒,内铺两层滤纸^[11],每盒均匀地放入4种牧草种子,每盒中放入50粒种子,分别加入10 mL不同浓度的光叶紫花苕子浸提液,对照组加入10 mL蒸馏水,每处理重复4次,置20℃光照培养箱进行光/暗(12 h/12 h)交替培养,及时补充蒸馏水,使滤纸始终保持湿润,每24 h记录种子发芽情况,参照国家标准结束种子萌发试验^[12]。

1.2.3 测定指标与方法 生长指标的测定:10 d后测种子的发芽率(%)、幼苗根长(cm)和苗高(cm)。发芽率=已发芽种子数/供试种子数×100%,从每个发芽盒中随机挑取10株测量根长和苗高,结果取其平均值^[13]。

生理指标的测定:15 d 后测定生理指标,采用乙醇提取法测定叶绿素含量^[14],采用紫外吸收法测定过氧化氢酶(catalase, CAT)活性,采用愈创木酚分光光度法测定过氧化物酶(peroxidase, POD)活性^[15]。

1.3 数据处理

采用 Microsoft Excel 2016 软件制图,采用 SPSS 22.0 数据统计软件对数据进行单因素方差分析(One-way ANOVA), $P < 0.05$ 为差异显著性判断标准。

2 结果与分析

2.1 不同浓度光叶紫花苕子浸提液对牧草种子发芽率的影响

在供试浓度范围内,光叶紫花苕子地上部和地下部 5 种浓度梯度浸提液对紫花苜蓿种子的发芽率均具有明显的抑制作用;在地上部浸提液浓度为 $40 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ 时,白三叶种子的发芽率与对照相比显著减少 62.5%;而与对照相比,不同部位的光叶紫花苕子浸提液对黑麦草、燕麦种子发芽无显著性抑制(图 1 和图 2)。

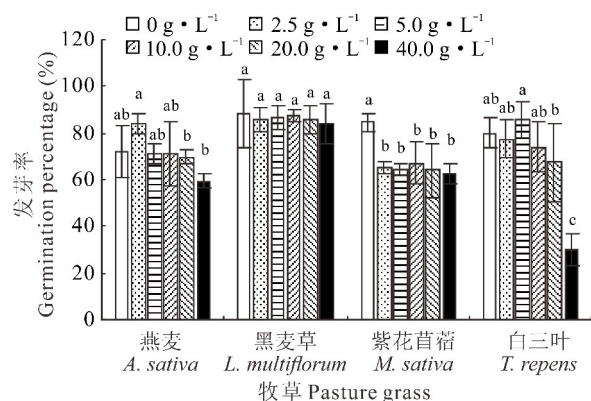


图 1 光叶紫花苕子地上部浸提液对 4 种牧草种子发芽率的影响

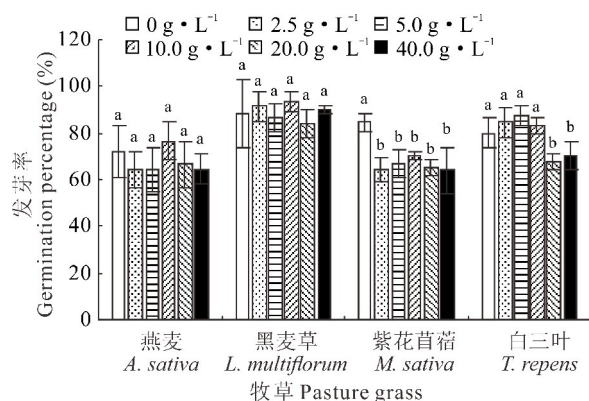


图 2 紫花苕子地下部浸提液对 4 种牧草种子发芽率的影响

Fig. 1 Influence of *V. villosa* aboveground part extract on seed germination of four grass species

Fig. 2 Influence of *V. villosa* underground part extract on seed germination of four grass species

同种植物不同小写字母表示紫花苕子浸提液不同浓度间差异显著($P < 0.05$),下同。Different lowercase letters for the same species mean significant difference among different *V. villosa* extract concentration at 0.05 level, the same below.

2.2 不同浓度光叶紫花苕子浸提液对牧草幼苗生长指标的影响

2.2.1 不同浓度光叶紫花苕子浸提液对牧草幼苗根长的影响 光叶紫花苕子地上部和地下部浸提液均对黑麦草幼苗根长有明显的抑制作用,且浓度越高抑制效果越明显;地上部浸提液为 $2.5 \sim 20 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ 时,紫花苜蓿幼苗根长与对照相比无显著性差异,而当浓度为 $40 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ 时,导致其无法生长,地下部浸提液为 $10 \sim 40 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ 时,紫花苜蓿幼苗根长与对照相比差异显著;在地上部浸提液为 2.5 和 $10 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ 时和地下部浸提液为 5 和 $20 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ 时,白三叶幼苗根长与对照相比有显著性差异,而地上部浸提液浓度为 20 和 $40 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ 和地下部浸提液浓度为 $40 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ 时无法正常生长;与对照相比,不同部位的光叶紫花苕子浸提液对燕麦幼苗根长无显著性影响(图 3 和图 4)。

2.2.2 不同浓度光叶紫花苕子浸提液对牧草幼苗苗高的影响 地上部浸提液在 $2.5 \sim 20 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ 时,紫花苜蓿幼苗苗高与对照相比无显著性差异,当地下部浸提液浓度为 $40 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ 时,其幼苗苗高与对照相比显著减少 25.04%;白三叶在地上部浸提液浓度为 20 和 $40 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ 和地下部浸提液浓度为 $40 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ 时无法正常生长,其他不同浓度的处理与对照相比苗高无显著性差异;不同部位的光叶紫花苕子浸提液对燕麦、黑麦草幼苗苗高无显著性影响(图 5 和图 6)。

2.3 不同浓度光叶紫花苕子浸提液对牧草幼苗生理指标的影响

2.3.1 不同浓度光叶紫花苕子浸提液对牧草幼苗叶绿素含量的影响 在供试浓度范围内,地上部与地下部浸提液显著提高燕麦幼苗的叶绿素含量,地下部浸提液为 $20 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ 时,燕麦幼苗的叶绿素与对照相比提高

144.23%;在地上部各浓度浸提液处理下,随着浸提液浓度的增加,黑麦草幼苗的叶绿素含量先升高后降低,地下部浸提液为 $40\text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ 时,其与对照相比无显著性差异;紫花苜蓿与白三叶幼苗的叶绿素含量均随着浸提液浓度的增加而降低(表 1)。

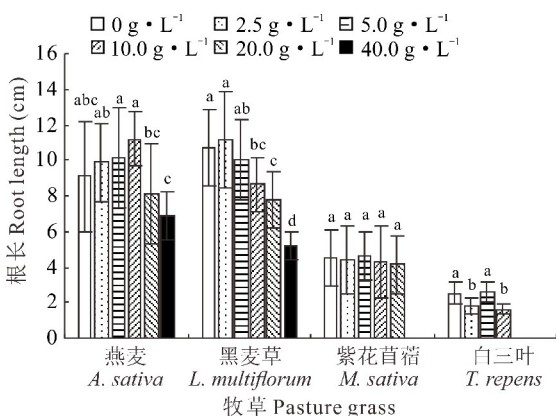


图 3 光叶紫花苜蓿地上部浸提液对 4 种牧草幼苗根长的影响

Fig. 3 Influence of *V. villosa* aboveground part extract on root length of four grass species

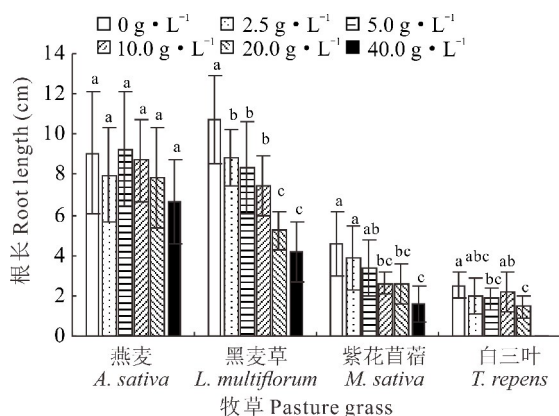


图 4 光叶紫花苜蓿地下部浸提液对 4 种牧草幼苗根长的影响

Fig. 4 Influence of *V. villosa* underground part extract on root length of four grass species

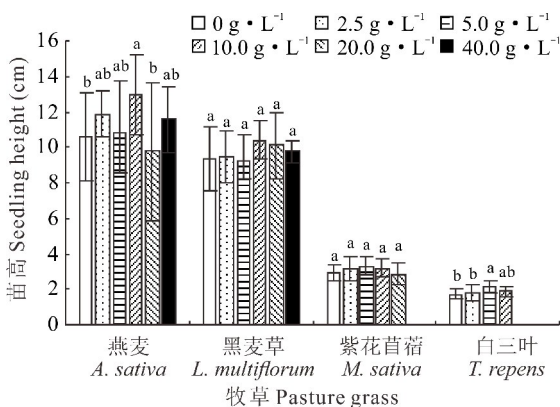


图 5 光叶紫花苜蓿地上部浸提液对 4 种牧草幼苗苗高的影响

Fig. 5 Influence of *V. villosa* aboveground part extract on seedling height of four grass species

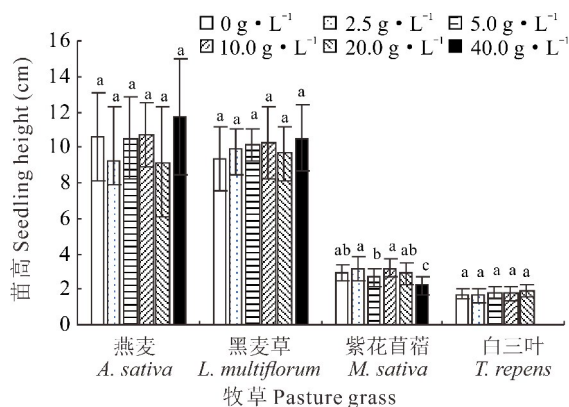


图 6 光叶紫花苜蓿地下部浸提液对 4 种牧草幼苗苗高的影响

Fig. 6 Influence of *V. villosa* underground part extract on seedling height of four grass species

2.3.2 不同浓度光叶紫花苜蓿浸提液对牧草幼苗 POD 活性的影响 在供试浓度范围内,地上部浸提液显著降低燕麦与黑麦草幼苗的 POD 活性,而地下部浸提液处理下,紫花苜蓿与白三叶幼苗的 POD 活性均与对照相比显著增强(表 2)。供试地上部浸提液浓度为 $5\text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ 时,燕麦幼苗的 POD 活性与对照相比降低 48.87%;在浓度为 $10\text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ 时,黑麦草幼苗的 POD 活性与对照相比降低 39.30%。供试地下部浸提液浓度为 $2.5\text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ 时,紫花苜蓿幼苗的 POD 活性与对照相比增加 52.74%,在浓度为 $5\text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ 时,白三叶幼苗的 POD 活性与对照相比增加 34.68%。

2.3.3 不同浓度光叶紫花苜蓿浸提液对牧草幼苗 CAT 活性的影响 在供试浓度范围内,光叶紫花苜蓿浸提液对 4 种牧草幼苗 CAT 活性均有显著影响(表 3)。在地上部浸提液浓度为 $2.5 \sim 10\text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ 时,显著降低燕麦幼苗 CAT 活性;在地上部浸提液浓度为 $20\text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ 时,黑麦草幼苗的 CAT 活性相比对照提高 33.90%。地下部浸提液对紫花苜蓿幼苗 CAT 活性的影响大于地上部浸提液,在地下部浸提液浓度为 $40\text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ 时,其相比对照降低 34.02%。不同部位浸提液显著增加白三叶幼苗 CAT 活性,在地下部浸提液浓度为 $5\text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ 时,其相比对照提高 98.38%。

表 1 光叶紫花苕子水浸提液对受体植物叶绿素含量的影响

Table 1 Effects of water extract from *V. villosa* on chlorophyll content in recipient plants (mg · g⁻¹ FW)

提取部位	浸提液浓度	燕麦	黑麦草	紫花苜蓿	白三叶
Extraction site	Extract concentration (g · L ⁻¹)	<i>A. sativa</i>	<i>L. multiflorum</i>	<i>M. sativa</i>	<i>T. repens</i>
地上部 Aboveground part	0	0.52±0.03h	1.33±0.02cd	1.06±0.02a	1.23±0.02a
	2.5	0.83±0.02g	1.53±0.07a	0.98±0.04b	1.07±0.04cd
	5.0	1.21±0.03c	1.45±0.01b	1.05±0.03a	1.11±0.03bc
	10.0	1.03±0.02f	1.30±0.02d	0.94±0.04c	1.06±0.03d
	20.0	1.27±0.02a	1.31±0.01d	0.83±0.03e	—
	40.0	1.16±0.01d	1.20±0.02e	—	—
地下部 Underground part	2.5	1.23±0.01bc	1.45±0.01b	0.86±0.03de	1.13±0.02b
	5.0	1.16±0.02d	1.07±0.01g	0.83±0.02e	1.13±0.04b
	10.0	1.07±0.01e	1.37±0.01c	0.89±0.02d	1.11±0.03bc
	20.0	1.27±0.02a	1.15±0.01f	0.73±0.03f	0.99±0.04e
	40.0	1.24±0.03ab	1.30±0.02d	0.53±0.04g	—

注：“—”表示幼苗致死,无法取样;同列不同小写字母表示差异显著($P<0.05$),下同。
Note: “—” indicate that seedlings are lethal and cannot be sampled; Different lowercase letters in same column indicate significant differences at 0.05 level, the same below.

表 2 光叶紫花苕子水浸提液对受体植物 POD 活性的影响

Table 2 Effects of water extract from *V. villosa* on POD activity of receptor plants (U · g⁻¹ · min⁻¹ FW)

提取部位	浸提液浓度	燕麦	黑麦草	紫花苜蓿	白三叶
Extraction site	Extract concentration (g · L ⁻¹)	<i>A. sativa</i>	<i>L. multiflorum</i>	<i>M. sativa</i>	<i>T. repens</i>
地上部 Aboveground part	0	37.47±3.31a	34.27±5.96b	113.88±5.31d	213.69±12.62c
	2.5	21.86±1.01d	37.08±4.43b	123.15±18.40cd	209.25±5.55c
	5.0	19.16±0.92d	27.87±0.51c	123.10±2.99cd	189.99±10.79d
	10.0	21.40±0.71d	20.80±0.98d	124.95±6.65cd	199.86±10.42cd
	20.0	28.16±0.54c	22.13±1.06d	123.98±3.26cd	—
	40.0	19.98±0.54d	24.81±1.97cd	—	—
地下部 Underground part	2.5	33.90±1.00b	36.60±1.11b	173.94±6.04a	236.49±7.22b
	5.0	32.95±4.62b	42.86±2.06a	117.31±11.01d	287.80±7.42a
	10.0	35.69±1.36ab	43.60±2.31a	136.07±3.44c	240.80±5.41b
	20.0	25.70±0.73c	32.46±3.00b	159.75±10.96b	247.69±8.94b
	40.0	27.64±1.32c	36.08±3.89b	164.27±8.28b	—

3 讨论

植物的化感作用主要表现在对受试植物种子萌发及幼苗生长的影响^[10],不同植物的化感作用敏感程度不同,化感物质具有选择性和专一性,且化感作用与水浸提液的浓度有关^[16]。紫花苜蓿地上部浸提液对少花蒺藜草(*Cenchrus pauciflorus*)种子萌发的抑制作用强于地下部浸提液^[17]。苯甲酸和水杨酸等化感物质降低了大豆(*Glycine max*)的生长^[18]。花椒(*Zanthoxylum bungeanum*)浸提液对苜蓿、白三叶的萌发有显著抑制作用,且化感作用随花椒浸提液浓度的升高而增强,但对草地早熟禾(*Poa pratensis*)、高丹草(*Sorghum bicolor* × *S. sudanense* cv.)的抑制作用不显著^[19]。本研究显示,光叶紫花苕子不同部位浸提液对受试 4 种牧草种子萌发有不同程度的化感作用,地上部浸提液对紫花苜蓿、白三叶种子的萌发有显著的抑制作用,且随浓度的升高对白三叶

种子萌发的抑制作用增强。当供试浸提液浓度升高时,紫花苜蓿和白三叶根部发生霉烂,甚至坏死,说明根直接接触水浸提液中起作用的化感物质,更容易受到伤害,而地上部靠吸收营养物质满足需要,只有当根系受害达到一定程度时,地上部才表现出受害症状,这与前人研究结果相一致^[20-21]。

表 3 光叶紫花苜蓿子水浸提液对受体植物 CAT 活性的影响

Table 3 Effects of water extract from *V. villosa* on CAT activity of receptor plants ($\text{U} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ FW)

提取部位	浸提液浓度	燕麦	黑麦草	紫花苜蓿	白三叶
Extraction site	Extract concentration ($\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$)	<i>A. sativa</i>	<i>L. multiflorum</i>	<i>M. sativa</i>	<i>T. repens</i>
地上部 Aboveground part	0	170.27±11.32bc	173.97±5.56e	343.07±9.19a	82.52±12.11c
	2.5	121.18±10.05f	189.05±1.34de	317.57±16.54b	150.57±26.82ab
	5.0	131.65±9.45ef	141.70±2.63f	349.35±12.61a	104.00±8.54bc
	10.0	134.98±7.53ef	193.46±4.37d	308.07±7.27bc	161.99±14.53a
	20.0	171.20±10.46bc	232.95±15.88a	305.48±22.43bc	—
	40.0	182.70±20.18b	211.63±11.98bc	—	—
地下部 Underground part	2.5	150.55±16.88de	229.22±6.33a	265.95±2.65d	128.85±39.34abc
	5.0	156.29±17.90cd	223.23±14.09ab	261.34±11.97d	163.71±65.85a
	10.0	139.13±7.58def	197.58±8.18cd	299.50±7.62c	102.50±15.57bc
	20.0	122.49±4.46f	190.59±20.44de	276.93±4.45d	149.77±13.54ab
	40.0	201.56±10.61a	210.65±13.47bc	226.35±4.31e	—

光合作用是植物代谢的基础,叶绿素是光能吸收与转换的主要物质,其含量直接影响植株对光能的利用。化感物质会对植物细胞造成一定的损害,植物的叶绿素合成因化感物质的参与而受到影响,打破植物的正常光合作用。在黄花草木樨浸提液对黑麦草与苏丹草(*Sorghum sudanense*)的叶绿素含量影响的研究中,浸提液处理均低于对照叶绿素含量^[22],本试验与其结果类似,紫花苜蓿与白三叶处理组的叶绿素含量均低于对照组。在植物正常生长时,体内活性氧的产生与消除处于稳定的动态平衡中,当植物受到胁迫时,植物体内的活性氧会逐渐积累,植物细胞内的稳定环境被打破,抗氧化酶系统被认为是重要的防御体系^[23]。抗氧化酶系统防御效果与各个保护酶之间的综合协调有关,CAT 与 POD 将植物体内的 H_2O_2 分解成 H_2O 与 O_2 ,可以清除活性氧的积累,减少其对植物细胞的损害。青蒿素对黑麦草、白三叶和光叶紫花苜蓿子幼苗的抗氧化酶活性影响各异,POD 和 CAT 对青蒿素响应不同,说明它们对青蒿素敏感程度不一样^[24]。本试验中,在供试浓度范围内,光叶紫花苜蓿子浸提液对 4 种牧草的 POD 和 CAT 活性均有显著影响,紫花苜蓿与白三叶 POD、CAT 活性与对照相比差异显著。由此可见,光叶紫花苜蓿子浸提液能引起植物体内活性氧的浓度变化,激发抗氧化酶系统抵御伤害。光叶紫花苜蓿子浸提液对紫花苜蓿与白三叶的 POD、CAT 活性影响有所不同,可能是牧草种子不同,对浸提液的敏感程度不一样。

4 结论

本试验研究了紫花苜蓿子地上部与地下部浸提液的化感作用,结果表明光叶紫花苜蓿子浸提液对受体植物的种子萌发和幼苗生长表现出不同程度的化感作用,浸提液对紫花苜蓿与白三叶的化感作用强于燕麦与黑麦草。地上部浸提液显著抑制紫花苜蓿与白三叶种子的发芽率,且白三叶种子的发芽率随浓度升高抑制作用增强,在地上部浸提液浓度为 $40 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ 时,造成紫花苜蓿和白三叶幼苗均无法生长。光叶紫花苜蓿子浸提液可以抑制紫花苜蓿与白三叶的发芽率与根长,降低叶绿素含量及改变酶活性等生理指标进而影响其生长,这可能与光叶紫花苜蓿子中的化感物质有关。本试验仅在室内进行,避免了外界环境条件下多种因素的干扰,因此研究光叶紫花苜蓿子的化感作用需要室内与外界自然环境相结合,对所得结果要进一步研究。

参考文献 References:

- [1] Ping X Y, Wang T M. Ecological significance of plant allelopathy and progress in allelopathy research in grassland ecosystems. *Acta Prataculturae Sinica*, 2018, 27(8): 175—184.
平晓燕, 王铁梅. 植物化感作用的生态学意义及在草地生态系统中的研究进展. *草业学报*, 2018, 27(8): 175—184.
- [2] Wang A K, Bi Y F, Wen X, *et al.* Research advances of plant allelochemicals. *Molecular Plant Breeding*, 2019, 17(17): 5829—5835.
王安可, 毕毓芳, 温星, 等. 植物化感物质的研究现状. *分子植物育种*, 2019, 17(17): 5829—5835.
- [3] Yao S K, Li F L, Peng L N, *et al.* A study of the allelopathic effect of extracts from different parts of *Iva xanthiifolia* on five Brassicaceae species. *Acta Prataculturae Sinica*, 2018, 27(9): 56—66.
姚树宽, 李凤兰, 彭丽娜, 等. 假苍耳不同部位水浸提液对五种十字花科植物化感作用的研究. *草业学报*, 2018, 27(9): 56—66.
- [4] Weir T L, Sang W P, Jorge M V. Biochemical and physiological mechanisms mediated by allelochemicals. *Current Opinion in Plant Biology*, 2004, 7(4): 422—423.
- [5] Inderjit, Callaway R M. Experimental designs for the study of allelopathy. *Plant & Soil*, 2003, 256(1): 1—11.
- [6] Zhu F, He Y F, Ye Z C. Research progress of plant allelopathy. *Tillage and Cultivation*, 2014, (1): 52—54, 36.
朱峰, 何永福, 叶照春. 植物化感作用研究进展. *耕作与栽培*, 2014, (1): 52—54, 36.
- [7] Yan F, Yang Z M, Han L M. Review on research methods for allelopathy and allelochemicals in plants. *Acta Ecologica Sinica*, 2000, 20(4): 692—696.
阎飞, 杨振明, 韩丽梅. 植物化感作用(Allelopathy)及其作用物的研究方法. *生态学报*, 2000, 20(4): 692—696.
- [8] Yang Y M, Lin C W, Pang L Y, *et al.* Effects of different fertilizer treatments on yield and benefit of *Vicia villosa* in purple hilly area of Sichuan. *Southwest China Journal of Agricultural Sciences*, 2013, 26(6): 2373—2379.
杨玉敏, 林超文, 庞良玉, 等. 不同施肥处理对四川紫色丘陵区光叶紫花苕产量和效益的影响. *西南农业学报*, 2013, 26(6): 2373—2379.
- [9] Liu Y, Zhou S, Chen L M, *et al.* Controlling the diseases of *Vicia villosa* by adapting sowing date, crop rotation, and mowing. *Pratacultural Science*, 2018, 35(8): 1929—1936.
刘勇, 周俗, 陈莉敏, 等. 采用播期、轮作和刈割防治光叶紫花苕病害. *草业科学*, 2018, 35(8): 1929—1936.
- [10] Liu Y J, Meng Z J, Dang X H, *et al.* Allelopathic effects of *Stellera chamejasme* on seed germination and seedling growth of alfalfa and two forage grasses. *Acta Prataculturae Sinica*, 2019, 28(8): 130—138.
刘雅婧, 蒙仲举, 党晓宏, 等. 狼毒浸提液对 3 种牧草种子萌发和幼苗生长的影响. *草业学报*, 2019, 28(8): 130—138.
- [11] Cai G R, Chen G H. Allelopathy of *Sorghum dochna* extract liquor on seed germination and seedling of forage. *Crop Research*, 2018, 32(5): 415—421.
蔡观容, 陈桂华. 甜高粱浸提液对牧草种子萌发和幼苗的化感作用. *作物研究*, 2018, 32(5): 415—421.
- [12] State Bureau of Quality and Technical Supervision. Rules for the inspection of forage seeds. Beijing: Standards Press of China, 2001.
国家质量技术监督局. 牧草种子检验规程. 北京: 中国标准出版社, 2001.
- [13] 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*. *Acta Prataculturae Sinica*, 2007, 16(5): 96—101.
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. *草业学报*, 2007, 16(5): 96—101.
- [14] Kong X S. Plant physiology experiment technique. Beijing: China Agricultural Press, 2008.
孔祥生. 植物生理学实验技术. 北京: 中国农业出版社, 2008.
- [15] Chen J X, Wang X F. Plant physiology experiment guide. Guangzhou: South China University of Technology Press, 2006.
陈建勋, 王晓峰. 植物生理学实验指导. 广州: 华南理工大学出版社, 2006.
- [16] Zhao X M, Wang J, Mo J J, *et al.* Allelopathic effects of leaf-stem litter water aqueous extracts of three plant species on tobacco seedlings. *Acta Prataculturae Sinica*, 2016, 25(9): 37—45.
赵新梅, 王军, 莫静静, 等. 三种作物茎叶枯落物水浸液对烟草幼苗生长的化感效应. *草业学报*, 2016, 25(9): 37—45.
- [17] Zhou L Y, Wang Y D, Ren X Z, *et al.* Effects of the aqueous extracts from alfalfa on seeds germination and seedling growth of *Cenchrus pauciflorus*. *Acta Agrestia Sinica*, 2018, 24(6): 1275—1276.
周立业, 王亚东, 任秀珍, 等. 紫花苜蓿水浸提液对少花蒺藜草种子萌发的影响. *草地学报*, 2018, 24(6): 1275—1276.
- [18] Mersie W, Singh M. Phenolic acids affect photosynthesis and protein synthesis by isolated leaf cells of velvet-leaf. *Journal of Chemical Ecology*, 1993, 19: 1293—1301.

- [19] Zhao L L, Yang T X, Wei A Z, *et al.* Allelopathy of aqueous extract of *Zanthoxylum bungeanum* leaves on four grass seeds. *Journal of Northwest Forestry University*, 2017, 32(2): 150—154.
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. *西北林学院学报*, 2017, 32(2): 150—154.
- [20] Zhang R M, Wang Y Z, Hou P, *et al.* Physiological responses to allelopathy of aquatic stem and leaf extract of *Artemisia frigida* in seedling of several pasture plants. *Acta Ecologica Sinica*, 2010, 30(8): 2197—2204.
张汝民, 王玉芝, 侯平, 等. 几种牧草幼苗对冷蒿茎叶水浸提液化感作用的生理响应. *生态学报*, 2010, 30(8): 2197—2204.
- [21] Ma R J, Wang M L, Zhao K, *et al.* Allelopathic effects of an aqueous extract from *Ligularia virgaurea*, a dominant weed in psychro-grassland, on pasture plants. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2006, 17(5): 845—850.
马瑞君, 王明理, 赵坤, 等. 高寒草场优势杂草黄帚橐吾水浸液对牧草的化感作用. *应用生态学报*, 2006, 17(5): 845—850.
- [22] Wang J Y, Yao D D, Zhao G Q, *et al.* Effects of aqueous extracts of *Melilotus officinalis* on *Lolium multiflorum* and *Sorghum sudanense*, *Gentiana straminea*. *Acta Prataculturae Sinica*, 2017, 26(8): 85—92.
王靖怡, 姚丹丹, 赵国琦, 等. 黄花草木樨水浸提液对苏丹草和黑麦草的化感作用. *草业学报*, 2017, 26(8): 85—92.
- [23] Yang S Y, Chen X Y, Hui W K, *et al.* Progress in responses of antioxidant enzyme systems in plant to environmental stresses. *Journal of Fujian Agriculture and Forestry University (Natural Science Edition)*, 2016, 45(5): 481—489.
杨舒贻, 陈晓阳, 惠文凯, 等. 逆境胁迫下植物抗氧化酶系统响应研究进展. *福建农林大学学报(自然科学版)*, 2016, 45(5): 481—489.
- [24] Wei L B, Xia Z L, Yin J, *et al.* Allelopathic effects of artemisinin on pasture grasses. *Acta Prataculturae Sinica*, 2017, 26(5): 62—69.
魏立本, 夏志林, 殷洁, 等. 青蒿素对牧草的化感作用. *草业学报*, 2017, 26(5): 62—69.