

# 白三叶不同部位水浸提液对草地早熟禾的化感作用

杨小妮,白小明,李萍,康瑞卿,郑万菊,田晓岚

(甘肃农业大学草业学院,草业生态系统教育部重点实验室,甘肃省草业工程实验室,中-美草地畜牧业可持续发展研究中心,甘肃 兰州 730070)

**摘要:**为探究白三叶(*Trifolium repense*)不同部位水浸提液对草地早熟禾的化感作用,采用培养箱测定法,研究白三叶根、茎和叶水浸提液对草地早熟禾种子萌发(发芽率、发芽势、发芽指数和活力指数)和幼苗生长(幼苗长、幼苗鲜重和幼根长)的影响。结果表明:白三叶不同部位的水浸提液对草地早熟禾种子萌发均有抑制作用,抑制程度由大到小依次为根>茎>叶。不同质量浓度白三叶根、茎、叶水浸提液对草地早熟禾的化感作用强弱顺序基本一致,均为0.02 g/mL浓度水浸提液的抑制作用最弱,0.08 g/mL浓度水浸提液的抑制作用最强。相同质量浓度下,白三叶3个部位化感的综合效应依次为:叶>根>茎。总体来看,白三叶不同部位水浸提液处理对草地早熟禾种子萌发和幼苗生长多表现为化感抑制作用,呈明显的浓度效应,即随着水浸提液浓度的升高而抑制作用逐渐增强,且草地早熟禾种子萌发对白三叶化感响应的敏感性要强于其幼苗生长。

**关键词:**白三叶;草地早熟禾;水浸提液;种子萌发;幼苗生长

**中图分类号:**S541;S688.4 **文献标志码:**A **文章编号:**1009-5500(2022)03-0100-07

**DOI:** 10.13817/j.cnki.cyycp.2022.03.012



白三叶(*Trifolium repense*),又名白车轴草,是豆科车轴草属的多年生草本植物,现广泛分布于温带及亚热带高海拔地区。白三叶具有生长迅速、成坪快、绿期长、适应性广等优点,常被用作观赏性草坪草和优质饲草,在我国北方景观草坪中其建植面积占比达到15%<sup>[1]</sup>。草地早熟禾(*Poa pratensis*)是一种超低矮的草类植物,具有极强的耐寒性、抗高温性和抗病虫害等特点,其草坪绿期长,应用范围极广。单一草坪

存在高度的均一性,具有较好的观赏效果。但是其单一性导致生物多样性较差,且草坪建植稳定性较低。此外,许多单一草坪由于建植与管理不当,使草坪的观赏价值降低,使用寿命缩短,造成一定的经济损失。混播草坪能够适应差异较大的环境条件,增强草坪的抗逆性,加快成坪速度,延长草坪绿期和寿命。在我国北方地区,为延长城市绿化中草坪绿期,常将白三叶与冷季型草坪草,如草地早熟禾、多年生黑麦草(*Lolium perenne*)、高羊茅(*Festuca elata Keng ex*)等混播<sup>[2-4]</sup>。在草坪建植方面,白三叶通过根瘤菌固氮为禾草提供生长所需的氮素营养,禾草可使白三叶免受其他杂草竞争,同时草坪草混播可有效利用阳光,使草坪获得较为理想的覆盖度。在人工草地种植方面,禾本科和豆科牧草的混播以其提高饲草产量、改善饲用品质、减少土壤侵蚀、降低病虫害等优势在世界上许多地区备受重视,特别是温带或亚热带地区。但白三叶存在较强的化感作用,对高羊茅、多年生黑麦草、鸭茅(*Dactylis glomerata*)等的生长造成一定程度的影

**收稿日期:**2021-12-21; **修回日期:**2021-12-28

**基金项目:**国家自然科学基金项目(31560667);甘肃省林草局草原生态修复治理科技支撑项目(GSLC-2020-3);中国科协产业发展服务项目(2021XH QK002)

**作者简介:**杨小妮(1995-),女,甘肃镇原人,硕士研究生。

Email:2431723157@qq.com

白小明为通信作者。

Email:baixm@gsau.edu.cn

响<sup>[4]</sup>。李剑锋等<sup>[7]</sup>研究表明,白三叶对禾草草坪具有很强的侵占性,能够在禾草草坪上形成小群落,逐渐扩展并取代禾本科草坪草,破坏草坪园林景观原有的形态和功能。

化感作用是植物通过根、茎、叶等器官向环境释放次生代谢产物并对周围其他植物或者自身产生抑制或促进作用。研究表明,许多植物物种对其他植物物种具有化感作用,如白三叶根、茎、叶等对鸭茅、多年生黑麦草、弯叶画眉草(*Eragrostis curvula*)等植物都存在抑制或促进的化感作用<sup>[8-10]</sup>。白三叶+禾本科草坪草混播草地是我国北方地区草地建植中的常见组合,其混播中的化感作用受到广泛的关注<sup>[7-9]</sup>。目前,白三叶对冷季型草坪草化感作用研究主要集中在植株浸提液、腐解液、根系分泌物、挥发物等对受体植物种子萌发和幼苗生长的影响<sup>[11-14]</sup>。李志华等<sup>[15]</sup>研究了白三叶茎、叶对一些常见牧草的化感效应,发现其不同浓度的浸提液对受试牧草的种子萌发和幼苗生长具有显著的促进或者抑制效应<sup>[16]</sup>。在白三叶和草地早熟禾混播草坪建植过程中,草地早熟禾种子经常出现萌发率低、根系发育不良、幼苗弱小甚至枯萎等现象。此前关于草地早熟禾种子萌发的研究,主要集中在破除休眠、温度、光照等方面,而关于白三叶对草地早熟禾种子萌发和幼苗生长的化感作用研究鲜见报道。本研究探讨了白三叶不同部位水浸提液对草地早熟禾种子萌发和幼苗生长的影响,旨在明确混播草地(白三叶+草地早熟禾)中白三叶对其他草坪草的化感作用机理,为我国人工混播草坪建植与利用提供理论依据。

## 1 材料和方法

### 1.1 材料

供体植物白三叶植株采自甘肃农业大学校内牧草实训基地,受体植物草地早熟禾品种为公牛,购自甘肃百绿草业发展有限公司。

### 1.2 方法

1.2.1 样品采集和处理 2020年5月在甘肃农业大学校园内牧草实训基地,采用随机取样的方法,采集3 a龄返青期的白三叶新鲜完整植株带回实验室。将采集的白三叶植株去除杂质,用无菌蒸馏水冲洗干净,滤纸吸干水分后,分离白三叶根、茎、叶,备用。

1.2.2 白三叶水浸提液的制备 分别称取50 g洗净的白三叶根、茎、叶样品,用蒸馏水冲洗干净,用酒精消毒的剪刀剪成1~2 cm的小段,倒入三角瓶中,加入500 mL无菌蒸馏水,室温浸泡48 h(每隔12 h用玻璃棒搅拌1次),用漏斗过滤,得到浓度为0.1 g/mL的白三叶水浸提液。将该浸提液用无菌蒸馏水稀释为0.01、0.02、0.04、0.06、0.08 g/mL浓度的溶液,保存于4℃冰箱,备用。

1.2.3 草地早熟禾种子萌发试验 采用培养皿滤纸法进行种子萌发试验。用0.1% HgCl<sub>2</sub>溶液浸泡草地早熟禾种子,消毒20 min,然后用自来水冲洗,再用无菌蒸馏水洗2~3次。选择大小均一、籽粒饱满的草地早熟禾种子50粒,均匀置于铺有2层滤纸的培养皿(直径9 cm)中,分别加入不同浓度(0.01、0.02、0.04、0.06、0.08 g/mL)白三叶水浸提液5 mL,以无菌蒸馏水处理为对照,每个处理重复3次。将加有受体种子的培养皿放入人工培养箱(SPX-GB),温度为20℃昼/18℃夜,光周期为16 h昼/8 h夜,每隔24 h观察并记录种子发芽数(胚根或胚轴突破种皮1~2 mm时为萌发),统计发芽率和发芽指数。试验期内适量补充蒸馏水保持培养皿内湿润。发芽率、发芽势、发芽指数和活力指数计算公式如下:

发芽率(GR)=(第28 d的发芽数/供试种子数)×100

发芽势(GE)=(发芽初期14 d正常发芽种子数/供试种子数)×100

发芽指数(GI)= $\sum(G_t/D_t)$

式中: $G_t$ 为不同时间发芽数, $D_t$ 为相应发芽天数;

活力指数(VI)=GI×S(S为第14 d测得的整株鲜重(g))。

在人工培养箱培养28 d后,从每个培养皿随机挑选5株长势均匀的幼苗,用滤纸吸干水分,分别测定其幼苗长、幼苗鲜重和幼根长,幼苗长和幼根长用直尺测量,幼苗鲜重用电子天平称量。

化感效应指数(RI)= $1-C/T(T \geq C)$ 或 $RI=T/C-1(T < C)$ (C为对照值,T为处理值)。

当 $RI > 0$ 时,为促进作用;当 $RI < 0$ 时,为抑制作用, $RI$ 绝对值的大小表示化感作用强度。

化感综合效应用上述几个测量指标的化感效应

指数的平均值进行评价<sup>[17]</sup>。

### 1.3 数据处理

采用Excel 2016整理数据;采用SPSS 22.0软件进行单因素方差分析,并用Duncan法对各处理数据进行多重比较。

## 2 结果与分析

### 2.1 白三叶根、茎、叶水浸提液对草地早熟禾种子发芽率和发芽势的影响

白三叶不同部位不同浓度水浸提液对草地早熟禾种子萌发影响不同(表1)。白三叶根、茎水浸提液,随着浓度的增加,草地早熟禾种子发芽率和发芽势呈先上升后下降的趋势。0.02 g/mL的根水浸提液和叶水浸提液处理的草地早熟禾种子发芽率和发芽势均高于对照,但与对照差异不显著( $P>0.05$ )。0.08 g/mL的根、茎和叶水浸提液的草地早熟禾种子发芽率较对照均分别减少,种子发芽势较对照也均减少( $P<0.05$ ),对草地早熟禾抑制作用最强。除0.02、0.04 g/mL的根水浸提液和茎水浸提液和0.02 g/mL的叶水浸提液处理的草地早熟禾种子发芽率和发芽势与对照差异不显著( $P>0.05$ )外,其他浓度根水浸提液、茎水浸提液以及叶水浸提液均与对照差异显著。白三叶叶水浸提液对草地早熟禾的发芽势整体呈显著抑制作用( $P<0.05$ )。白三叶不同部位水浸提液对草地早熟禾种子萌发抑制作用的强弱顺序为:根>茎>叶。

### 2.2 白三叶根、茎、叶水浸提液对草地早熟禾发芽指数和活力指数的影响

白三叶不同部位不同浓度水浸提液对草地早熟禾发芽指数和活力指数影响不同(表2)。白三叶叶、根和茎水浸提液,随着浓度的增加,草地早熟禾种子发芽指数和活力指数呈先上升后下降的趋势。0.02 g/mL的叶水浸提液和0.04 g/mL的根水浸提液处理的草地早熟禾种子发芽指数分别较对照增加9.59%和17.46%;0.08 g/mL的根、茎和叶水浸提液对草地早熟禾种子萌发抑制作用最强( $P<0.05$ ),0.08 g/mL的根、茎和叶水浸提液的草地早熟禾种子发芽指数较对照分别减少25.52%、21.42%和23.35%,种子活力指数较对照分别减少11%、8%和1%。0.02、0.04、0.06 g/mL的根水浸提液和0.02、0.04 g/mL的茎水

表1 白三叶水浸提液对草地早熟禾种子发芽率和发芽势  
Table 1 Effect of aqueous extracts from different parts of white clover on the seed germination rate and germination force of Kentucky bluegrass

部位	水浸提液浓度/ (g·mL <sup>-1</sup> )	发芽率/%	发芽势/%
根	0 (CK)	50.00±0.58 <sup>a</sup>	47.00±0.58 <sup>a</sup>
	0.01	26.67±2.60 <sup>c</sup>	26.00±2.31 <sup>b</sup>
	0.02	41.33±1.76 <sup>a</sup>	35.00±0.58 <sup>a</sup>
	0.04	36.67±2.40 <sup>ab</sup>	32.00±1.15 <sup>ab</sup>
	0.06	33.00±1.73 <sup>b</sup>	26.00±3.46 <sup>b</sup>
	0.08	20.00±1.15 <sup>d</sup>	16.00±1.15 <sup>c</sup>
茎	0 (CK)	50.00±0.58 <sup>a</sup>	47.00±0.58 <sup>a</sup>
	0.01	40.00±2.31 <sup>bc</sup>	24.00±3.46 <sup>c</sup>
	0.02	50.00±3.46 <sup>a</sup>	48.00±3.46 <sup>a</sup>
	0.04	47.33±2.73 <sup>ab</sup>	44.00±1.15 <sup>ab</sup>
	0.06	36.00±3.46 <sup>c</sup>	38.00±3.46 <sup>b</sup>
	0.08	20.00±2.31 <sup>d</sup>	14.67±1.7 <sup>cd</sup>
叶	0 (CK)	50.00±0.58 <sup>a</sup>	47.00±0.58 <sup>a</sup>
	0.01	35.33±4.33 <sup>bc</sup>	30.00±4.04 <sup>b</sup>
	0.02	45.00±3.00 <sup>ab</sup>	39.00±2.89 <sup>b</sup>
	0.04	38.00±4.62 <sup>bc</sup>	34.00±2.31 <sup>bc</sup>
	0.06	30.00±3.00 <sup>cd</sup>	13.00±0.58 <sup>d</sup>
	0.08	24.00±3.50 <sup>d</sup>	10.00±1.15 <sup>d</sup>

注:同一列数据后不同小写字母表示对应的测定指标差异显著( $P<0.05$ ),下同

浸提液处理的草地早熟禾种子发芽指数与对照差异不显著( $P<0.05$ ),0.02 g/mL的根水浸提液和0.02、0.04、0.06 g/mL的茎水浸提液处理的草地早熟禾种子活力指数与对照差异不显著外,其他浓度根水浸提液、茎水浸提液以及叶水浸提液均与对照差异显著。不同部位白三叶水浸提液对草地早熟禾种子萌发抑制作用的强弱顺序为根>叶>茎。

### 2.3 白三叶根、茎、叶水浸提液对草地早熟禾种子幼苗长、幼苗鲜重和幼根长的影响

白三叶不同部位不同浓度水浸提液对草地早熟禾幼苗生长影响不同(表3)。随着同一部位白三叶水浸提液浓度的增加,草地早熟禾种子幼苗长,幼苗鲜重和幼根长呈先上升后下降的趋势。与对照相比,低浓度的白三叶不同部位水浸提液对草地早熟禾的幼苗长、幼苗鲜重、幼根长无显著影响,高浓度的白三叶不同部位水浸提液则显著抑制草地早熟禾幼苗长、幼苗鲜重、幼根长的增加。0.02 g/mL的茎、叶水浸提液处理幼苗长高于对照,但差异不显著;0.02 g/mL的根水浸提液对幼根长高于对照,但差异不显著;

表 2 白三叶水浸提液对草地早熟禾种子发芽指数和活力指数

Table 2 Effect of aqueous extracts from different parts of white clover on the seed germination index and germination vigor index of Kentucky bluegrass

部位	水浸提液浓度/ (g·mL <sup>-1</sup> )	发芽指数	活力指数
根	0 (CK)	30.00±0.58 <sup>a</sup>	0.12±0.006 <sup>a</sup>
	0.01	17.12±0.50 <sup>b</sup>	0.06±0.005 <sup>b</sup>
	0.02	22.48±1.80 <sup>a</sup>	0.12±0.012 <sup>a</sup>
	0.04	22.54±1.22 <sup>a</sup>	0.06±0.002 <sup>b</sup>
	0.06	19.39±2.45 <sup>ab</sup>	0.02±0.012 <sup>c</sup>
	0.08	4.48±1.21 <sup>c</sup>	0.01±0.001 <sup>c</sup>
茎	0 (CK)	30.00±0.58 <sup>a</sup>	0.12±0.006 <sup>a</sup>
	0.01	14.71±0.44 <sup>c</sup>	0.06±0.001 <sup>bc</sup>
	0.02	31.70±0.52 <sup>a</sup>	0.10±0.006 <sup>a</sup>
	0.04	28.66±1.61 <sup>a</sup>	0.09±0.012 <sup>ab</sup>
	0.06	25.14±1.20 <sup>b</sup>	0.06±0.012 <sup>abc</sup>
	0.08	8.58±1.04 <sup>d</sup>	0.04±0.013 <sup>c</sup>
叶	0 (CK)	30.00±0.58 <sup>a</sup>	0.12±0.006 <sup>a</sup>
	0.01	19.18±2.31 <sup>bc</sup>	0.04±0.013 <sup>c</sup>
	0.02	20.41±2.14 <sup>b</sup>	0.08±0.003 <sup>b</sup>
	0.04	18.31±1.68 <sup>bc</sup>	0.05±0.002 <sup>c</sup>
	0.06	13.76±2.33 <sup>c</sup>	0.04±0.005 <sup>c</sup>
	0.08	6.65±0.83 <sup>d</sup>	0.02±0.002 <sup>d</sup>

0.01 g/mL 的根、茎水浸提液处理幼苗鲜重高于对照, 但差异不显著。0.08 g/mL 的根、茎和叶水浸提液对草地早熟禾幼苗生长抑制作用最强, 与对照差异显著, 0.08 g/mL 的根、茎和叶水浸提液的草地早熟禾种子幼苗长分别较对照减少 1.45、1.54、1.55 mm, 种子幼根长分别较对照减少 4.13、4.17、4.58 mm, 种子幼苗鲜重分别较对照减少 0.0016、0.0018、0.0016 g。0.08 g/mL 的根、茎水浸提液和除 0.02 g/mL 之外的其他浓度的叶水浸提液处理的草地早熟禾幼苗长与对照差异显著; 0.08 g/mL 的根、茎水浸提液和所有浓度的叶水浸提液处理的草地早熟禾幼根长与对照差异显著; 0.08 g/mL 的根水浸提液、除 0.01 g/mL 之外其他浓度的茎水浸提液和 0.06 g/mL、0.08 g/mL 的叶水浸提液处理的草地早熟禾幼苗鲜重与对照间差异显著; 其他浓度根、茎和叶水浸提液处理的草地早熟禾幼苗长、幼根长和幼苗鲜重与对照间差异不显著; 白三叶不同部位水浸提液对草地早熟禾幼苗生长抑制作用的强弱顺序为叶>茎>根。

#### 2.4 白三叶根、茎、叶水浸提液对草地早熟禾种子萌发和幼苗生长化感作用的综合效应

白三叶 3 个部位不同浓度的水浸提液对草地早熟

表 3 白三叶水浸提液处理下草地早熟禾种子幼苗长、幼根长和幼苗鲜重

Table 3 Effect of aqueous extracts from different parts of white clover on the lengths seminal of seeding and seminal root, and the weight of seminal of seeding of Kentucky bluegrass

部位	水浸提液浓度/(g·mL <sup>-1</sup> )	幼苗长/mm	幼根长/mm	幼苗鲜重/g
根	0 (CK)	3.20±0.05 <sup>a</sup>	7.42±0.59 <sup>a</sup>	0.0037±0.0006 <sup>a</sup>
	0.01	2.30±0.31 <sup>ab</sup>	6.38±1.02 <sup>ab</sup>	0.0038±0.0002 <sup>a</sup>
	0.02	3.18±0.30 <sup>a</sup>	7.44±0.69 <sup>a</sup>	0.0035±0.0003 <sup>a</sup>
	0.04	2.62±0.10 <sup>ab</sup>	6.16±0.59 <sup>ab</sup>	0.003±0.0001 <sup>ab</sup>
	0.06	2.54±0.52 <sup>ab</sup>	4.42±0.58 <sup>bc</sup>	0.003±0.0005 <sup>ab</sup>
	0.08	1.75±0.59 <sup>b</sup>	3.29±1.05 <sup>c</sup>	0.0021±0.0002 <sup>b</sup>
茎	0 (CK)	3.20±0.05 <sup>a</sup>	7.42±0.59 <sup>a</sup>	0.0037±0.0006 <sup>a</sup>
	0.01	2.50±0.46 <sup>ab</sup>	5.04±0.00 <sup>ab</sup>	0.0042±0.0001 <sup>a</sup>
	0.02	3.27±0.43 <sup>a</sup>	5.84±0.86 <sup>a</sup>	0.0033±0.0002 <sup>b</sup>
	0.04	3.13±0.27 <sup>a</sup>	5.55±0.27 <sup>a</sup>	0.0029±0.0001 <sup>bc</sup>
	0.06	2.21±0.59 <sup>ab</sup>	4.78±0.55 <sup>ab</sup>	0.0027±0.0002 <sup>c</sup>
	0.08	1.66±0.30 <sup>b</sup>	3.25±0.73 <sup>b</sup>	0.0019±0.0001 <sup>d</sup>
叶	0 (CK)	3.20±0.05 <sup>a</sup>	7.42±0.59 <sup>a</sup>	0.0037±0.0006 <sup>a</sup>
	0.01	2.37±0.44 <sup>b</sup>	5.17±0.51 <sup>b</sup>	0.0032±0.0004 <sup>ab</sup>
	0.02	3.39±0.27 <sup>a</sup>	4.47±0.98 <sup>bc</sup>	0.003±0.0004 <sup>bc</sup>
	0.04	2.40±0.03 <sup>b</sup>	4.20±0.58 <sup>bc</sup>	0.0028±0.0002 <sup>abc</sup>
	0.06	2.26±0.01 <sup>bc</sup>	3.62±0.46 <sup>bc</sup>	0.0024±0.0001 <sup>bc</sup>
	0.08	1.65±0.10 <sup>c</sup>	2.84±0.5 <sup>c</sup>	0.0021±0.0001 <sup>c</sup>

禾种子发芽率、发芽势、发芽指数、活力指数、幼苗长、幼苗鲜重和幼根长的化感指数多为负值(表4),说明白三叶不同部位水浸提液处理对草地早熟禾种子萌发和幼苗生长多表现为化感抑制作用,并且呈明显的浓度效应,即随着水浸提液质量浓度的升高而抑制作用逐渐增强。不同质量浓度白三叶根、茎、叶水浸提液对草地早熟禾的化感作用强弱顺序基本一致,均表现0.02 g/mL浓度水浸提液的抑制作用最弱,0.08 g/mL浓度水浸提液的抑制作用最强。相同质量浓度下,白三叶3个部位化感的综合效应依次为:叶>根>茎,表明白三叶根可能是化感物质产生的主要部位。

### 3 讨论

化感物质存在于所有的植物器官中,且必须经过合适的途径释放到环境中,才能对其他植物或微生物起到化感促进或化感抑制作用<sup>[19]</sup>。本试验中,随着白三叶水浸提液浓度的增加,受体植物草地早熟禾的发芽率、发芽势、发芽指数以及活力指数出现不同程度的降低。随着白三叶不同部位水浸提液浓度的增加,草地早熟禾种子萌发指标值呈现先上升后下降的趋势,这与紫花苜蓿(*Medicago sativa*)茎叶水浸提液对受体植物多花黑麦草、高羊茅、白三叶和红三叶(*Trifolium pratense*),芦苇(*Phragmites australis*)水浸提

液对受体植物藨草(*Phalaris arundinacea*),海法白三叶水浸提液对杂三叶(*T. hybridum*)、哈默大叶红三叶(*T. pratense* ‘Grasslands Hamua’)、二倍体鸭茅(*Dactyloctenium aegyptium*)等种子萌发的影响结果相似<sup>[20-24]</sup>。在0.02 g/mL时对草地早熟禾种子萌发抑制作用最弱,在0.08 g/mL时对草地早熟禾种子抑制作用最强。白三叶不同部位对草地早熟禾的化感作用不同,不同部位的白三叶水浸提液对草地早熟禾种子萌发的抑制作用强弱顺序为:根>茎>叶。而刘桂霞等<sup>[25]</sup>研究指出艾蒿(*Artemisia argyi*)茎叶水浸提液对冰草(*Agropyron cristatum*)和披碱草(*Elymus dahuricus*)种子萌发的化感作用不明显。这与本研究的结果不同,表明化感作用不仅与受体植物种类有关,同时与供体植物本身也有关联。

白三叶不同部位水浸提液对草地早熟禾幼苗生长的化感作用表现为抑制作用,在0.02 g/mL时对草地早熟禾幼苗生长抑制作用最弱,在0.08 g/mL时对草地早熟禾幼苗生长抑制作用最强。冯彬等<sup>[26]</sup>研究香蒲(*Typha orientalis*)不同部位浸提液对4种水生植物的化感作用,其结果发现叶比其他部位具有更强的化感作用。本研究中白三叶不同部位对草地早熟禾的化感作用不同,白三叶的不同部位水浸提液对草地早熟禾种子幼苗生长的抑制作用强弱顺序为:叶>

表4 白三叶水浸提液对草地早熟禾种子萌发和幼苗生长化感作用的综合效应

Table 4 Allelopathic effect of aqueous extracts from different parts of white clover on the seed germination and seedling growth of Kentucky bluegrass

部位	水浸提液浓度	化感指数							
		发芽率	发芽势	发芽指数	活力指数	幼苗长	幼根长	幼苗鲜重	综合效应
根	0.01	-0.87	-0.81	-0.75	-1.06	-0.39	-0.16	0.03	-0.57
	0.02	-0.21	-0.34	-0.33	0.01	-0.01	0.00	-0.06	-0.13
	0.04	-0.36	-0.47	-0.33	-1.18	-0.22	-0.20	-0.23	-0.43
	0.06	-0.52	-0.81	-0.55	-4.71	-0.26	-0.68	-0.23	-1.11
	0.08	-1.50	-1.94	-5.69	-2.00	-0.83	-1.26	-0.76	-1.99
茎	0.01	-0.25	-0.96	-1.04	-0.90	-0.28	-0.47	0.12	-0.54
	0.02	0.00	0.02	0.05	-0.24	0.02	-0.27	-0.12	-0.08
	0.04	-0.06	-0.07	-0.05	-0.40	-0.02	-0.34	-0.28	-0.17
	0.06	-0.39	-0.24	-0.19	-0.85	-0.45	-0.55	-0.37	-0.43
	0.08	-1.50	-2.20	-2.50	-2.33	-0.93	-1.29	-0.95	-1.67
叶	0.01	-0.42	-0.57	-0.56	-1.77	-0.35	-0.43	-0.16	-0.61
	0.02	-0.11	-0.21	-0.47	-0.50	0.06	-0.66	-0.23	-0.30
	0.04	-0.32	-0.38	-0.64	-1.26	-0.33	-0.77	-0.32	-0.57
	0.06	-0.67	-2.62	-1.18	-1.68	-0.42	-1.05	-0.54	-1.17
	0.08	-1.08	-3.70	-3.51	-6.06	-0.94	-1.61	-0.76	-2.52

茎>根。这可能是白三叶叶片水浸提液中含有酚类与萜类化合物<sup>[27]</sup>。

在对受体植物的化感效应综合评价中,白三叶不同部位水浸提液处理对草地早熟禾种子萌发和幼苗生长多表现为化感抑制作用,并且呈明显的浓度效应,即随着水浸提液质量浓度的升高而抑制作用逐渐增强。0.01 g/mL的根、茎水浸提液对幼苗鲜重化感抑制作用最弱,0.08 g/mL的根、茎和叶水浸提液均对草地早熟禾种子萌发和幼苗生长化感抑制作用最强。不同部位的白三叶水浸提液对草地早熟禾种子萌发和幼苗生长的化感效应依次为:叶>根>茎。草地早熟禾种子萌发期的化感效应要强于幼苗生长期。这与返青期白三叶对鸭茅种子萌发和幼苗生长的结果一致<sup>[28]</sup>。

考虑到白三叶对草地早熟禾存在一定程度的化感作用,且本试验为室内控制试验,今后需进一步探讨白三叶和草地早熟禾不同混播比例条件下,草地早熟禾对白三叶化感作用的响应机制,以使白三叶的化感作用在草地早熟禾和白三叶混播草地建植和高效利用中发挥有利的作用。

## 4 结论

白三叶根、茎、叶水浸提液对草地早熟禾种子萌发和幼苗生长表现抑制作用,白三叶不同部位(根、茎、叶)均可释放化感物质。茎和叶的化感作用要强于根,白三叶的茎和叶可能是其释放化感物质的主要部位。白三叶同一部位水浸提液对草地早熟禾化感作用具有一定的浓度趋势。白三叶对草地早熟禾化感作用的抑制可通过草地早熟禾种子萌发和幼苗生长状况来表达。

### 参考文献:

- [1] 胡中华,刘师汉. 草坪与地被植物[M]. 北京:中国农业出版社,1995:12.
- [2] 税军峰,张玉琳,马永清. 白三叶草对黑麦草、弯叶画眉草的化感作用初探[J]. 草业科学, 2007,24(1):48-51.
- [3] 李志华,沈益新,薛萍,等. 黑麦草、草地早熟禾、翦股颖和白三叶的化感作用初探[J]. 中国草地, 2003,25(1):31-38.
- [4] 谢苑,高素萍. 白三叶水浸提液对高羊茅种子萌发及幼苗生长的影响[J]. 安徽农业科学, 2008,36(9):3616-3618.
- [5] 张美艳,刘彦培,杨国盟,等. 鸭茅幼苗对开花期白三叶不同部位化感作用的响应机理[J]. 西南农业学报,2020,33(9):1943-1949.
- [6] 王玉娟,刘婉姿,康英,等. 草地早熟禾对多年生黑麦草种子化感影响的研究[J]. 作物杂志,2010(1):40-42.
- [7] 李建峰,张淑卿,师尚礼,等. 白三叶对禾草草坪的侵占性研究[J]. 现代农业科技,2008(22):93-97.
- [8] 卢艳敏,李会芬. 白三叶草水浸提液对黑麦草种子的化感作用[J]. 江苏农业科学,2012,40(5):367-369.
- [9] 韦美玉,陈世军,刘丽萍. 入侵杂草对多年生黑麦草种子萌发的化感作用[J]. 种子,2007,26(11):24-26.
- [10] 曹璞,沈益新. 狗牙根对5种禾本科杂草化感作用的研究[J]. 草地学报,2010,18(3):452-455.
- [11] 余婷,孟焕文,温艳斌,等. 白三叶根系分泌物对5种草坪草的化感作用[J]. 草地学报,2013,21(4):729-736.
- [12] 刘金平,张新全,刘波扁,等. 穗牛鞭草浸出液对豆科牧草种子萌发及幼苗生长的影响[J]. 种子,2005,24(7):5-8.
- [13] 张晓芳,王金信,谢娜,等. 白三叶草挥发物的化感作用及其化学成分分析[J]. 植物保护学报,2011,38(4):374-378.
- [14] 梁静,程智慧,徐鹏,等. 白三叶腐解液对5种草坪草的化感作用研究[J]. 草地学报,2011,19(2):257-263,287.
- [15] 李志华,沈益新. 不同品种紫花苜蓿冬季再生草化感作用的研究[J]. 草业学报,2006,15(4):36-42.
- [16] 陈锋,孟永杰,帅海威,等. 植物化感物质对种子萌发的影响及其生态学意义[J]. 中国生态农业学报,2017,25(1):36-46.
- [17] 阎飞,杨振明,韩丽梅. 植物化感作用及其作用物的研究方法[J]. 生态学报,2000,20(4):692-696.
- [18] 孔垂华,胡飞. 植物化感作用及其应用[M]. 北京:中国农业出版社,2001:78.
- [19] 杨期和,叶万辉,廖福林,等. 植物化感物质对种子萌发的影响[J]. 生态学杂志,2005,24(12):1459-1465.
- [20] 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.
- [21] 张学文,刘亦学,刘万学,等. 植物化感物质及其释放途径[J]. 中国农学通报,2007,23(7):295-297.
- [22] 李志华,沈益新. 紫花苜蓿化感作用的研究[J]. 草业科学,2005,22(12):33-36.
- [23] 付为国,田远飞,汤涓涓,等. 芦苇浸提液对藜草种子萌

- 发及幼苗生长生理特性的影响[J]. 广西植物, 2013, 33(2):154-158.
- [24] 张来, 张显强. 白三叶提取液对3种植物种子萌发和幼苗生长的影响[J]. 种子, 2011, 30(1):21-24.
- [25] 刘桂霞, 王静, 王谦谦, 等. 艾蒿水浸提液对冰草和披碱草种子萌发及幼苗生长的化感作用[J]. 河北大学学报(自然科学版), 2012, 32(1):81-86.
- [26] 冯彬, 何云核, 赵爽, 等. 香蒲不同部位水浸提液对4种水生植物种子的化感作用[J]. 浙江农林大学学报, 2017, 34(3):427-436.
- [27] 秦嗣军, 吕德国, 赵德英, 等. 本溪山樱桃根系酚酸类分泌物极其化感效应研究[J]. 沈阳农业大学学报, 2008, 39(2):156-160.
- [28] 杨国盟, 张美艳, 薛世明, 等. 返青期白三叶化感作用对鸭茅种子萌发和幼苗生长的影响[J]. 草地学报, 2014, 22(6):2-6.

## Allelopathy effect of aqueous extracts from different parts of white clover on kentucky bluegrass

YANG Xiao-ni, BAI Xiao-ming, LI Ping, KANG Rui-qing, ZHENG Wan-ju,  
TIAN Xiao-lan

(College of Grassland Science, Gansu Agricultural University; Key Laboratory of Grassland Ecosystem, Ministry of Education / Pratacultural engineering Laboratory of Gansu Province / Sino-U. S. Center for Grazing land Ecosystem Sustainability, Lanzhou 730070, China)

**Abstract:** In order to investigate the allelopathic effects of water extracts from different parts of white clover on Kentucky bluegrass, the effects of water extracts from roots, stems and leaves of white clover on seed germination (germination rate, germination potential, germination index and vitality index) and seedling growth (seedling length, seedling fresh weight and young root length) of kentucky bluegrass were studied by incubator method. The results showed that the water extracts from different parts of white clover inhibited seed germination of kentucky bluegrass, and the order of inhibition was root > stem > leaf. The results also showed that the allelopathic effects of water extracts from roots, stems and leaves of white clover at different concentrations on kentucky bluegrass were in the same order, with 0.02 g/mL water extract having the weakest inhibitory effect and 0.08 g/mL water extract having the strongest inhibitory effect. Among them, 0.02 g/mL water extracts from roots, stems and leaves could promote seed germination and seedling growth of Kentucky bluegrass. Under the same mass concentration, the comprehensive effect of allelopathy of three parts of white clover was in the order of leaf water leachate > root water leachate > stem water leachate. In general, water extracts from different parts of white clover showed allelopathic inhibition on seed germination and seedling growth of Kentucky bluegrass. The allelopathic inhibition showed obvious concentration effect, that is, with the increase of the concentration of water extract, the inhibition gradually increased. Besides, the seed germination of kentucky bluegrass was more sensitive to allelopathy of white clover than its seedling growth.

**Key words:** white clover; kentucky bluegrass; aqueous extracts; germination; seedling growth