

DOI:10.11829/j.issn.1001-0629.2015-0610

朱习雯, 靳瑰丽, 安沙舟, 黄国强, 赛米拉克孜·台外库力. 返青期醉马草株体对几种牧草种子萌发的化感作用. 草业科学, 2016, 33(9):1757-1763.

Zhu X W, Jin G L, An S Z, Huang G Q, Saimilakezi · Taiwaikuli. The allelopathic effect of *Achnatherum inebrians* at the returning green stage on seed germination of several species. Pratacultural Science, 2016, 33(9):1757-1763.

返青期醉马草株体对几种牧草 种子萌发的化感作用

朱习雯, 靳瑰丽, 安沙舟, 黄国强, 赛米拉克孜·台外库力

(新疆农业大学草业与环境科学学院, 新疆草地资源与生态重点实验室, 新疆 乌鲁木齐 830052)

摘要:以采自新疆天山北坡的醉马草(*Achnatherum inebrians*)株体为供体植物, 红豆草(*Onobrychis viciaefolia*)、紫花苜蓿(*Medicago sativa*)、无芒雀麦(*Bromus inermis*)3种补播牧草及醉马草自身为受体植物, 采用培养皿滤纸法研究返青期醉马草不同营养器官水浸液在0.2、0.1、0.05和0.025 g·mL⁻¹4个浓度下对这4种植物种子萌发的化感作用。结果表明, 醉马草株体水浸液对4种植物种子的化感作用均表现为抑制作用, 且敏感性从强到弱依次为醉马草>无芒雀麦>红豆草>紫花苜蓿; 不同部位的醉马草水浸液化感作用强度为茎叶>根; 醉马草株体水浸液对紫花苜蓿种子的萌发具有低浓度(0.025 g·mL⁻¹)促进、高浓度(0.2 g·mL⁻¹)抑制的作用, 而对无芒雀麦、红豆草和醉马草种子, 则不同浓度呈现出不同程度的抑制效应。因此, 建议使用紫花苜蓿等耐受性较好的牧草来对醉马草爆发区进行春季补播恢复。

关键词:醉马草; 化感作用; 水浸液; 自毒作用

中图分类号:S812.6⁺8; S452; Q945.79 **文献标志码:**A **文章编号:**1001-0629(2016)9-1757-07*

The allelopathic effect of *Achnatherum inebrians* at the returning green stage on seed germination of several species

Zhu Xi-wen, Jin Gui-li, An Sha-zhou, Huang Guo-qiang, Saimilakezi · Taiwaikuli

(Department of Pratacultural and Environmental Science, Xinjiang Agriculture University;
Xinjiang Key Laboratory of Grassland Resources and Ecology, Urumqi 830052, China)

Abstract: This study determined the allelopathy effects of *Achnatherum inebrians* growing in Tianshan Mountains at the returning green stage on seed germination of *Onobrychis viciaefolia*, *Medicago sativa*, *Bromus inermis* and *A. inebrians* by treating seeds with the aqueous extract of different parts of *A. inebrians* with four concentrations (0.2, 0.1, 0.05, 0.025 g·mL⁻¹). The results showed that the aqueous extract of *A. inebrians* had inhibitory effects on germination of four species, and the allelopathic sensitivity of four species ranked as: *A. inebrians* > *B. inermis* > *O. viciaefolia* > *M. Sativa*. Leaf showed a stronger allelopathy effect than root. Germination of *M. sativa* increased and then decreased as aqueous extract concentration increasing, whereas germination of *B. inermis*, *O. viciaefolia* and *A. inebrians* decreased to some extent at all testing concentration. Thus, *M. sativa* is recommended to use for restoring degraded grassland infested by *A. inebrians*.

* 收稿日期:2015-11-03 接受日期:2016-06-15

基金项目:公益性行业(农业)科研专项(201203062)

第一作者:朱习雯(1993-),女,湖北郧县人,在读硕士生,研究方向为草业生产。E-mail:842534838@qq.com

通信作者:靳瑰丽(1979-),女,河南兰考人,副教授,博士,研究方向为草地资源与生态。E-mail:jguili@126.com

Key words: *Achnatherum inebrians*; Allelopathy; Aqueous extract; Autotoxicity

Corresponding author: Jin Gui-li E-mail:jguili@126.com

醉马草(*Achnatherum inebrians*)是一种重要的烈性毒草,广泛分布于我国青海、内蒙古、新疆和甘肃等地^[1]。由于其具有抗寒、耐旱等优势,因此在退化草地中蔓延日益严重。有资料显示,新疆天山南北坡的醉马草不同程度退化草地面积有近40万 hm^2 ;轻度退化草地醉马草盖度占10%~20%,中度退化草地醉马草盖度占30%~40%,严重退化草地的醉马草盖度竟超过90%,几乎丧失了利用价值^[2]。目前,学者们对醉马草的生态学特性^[3]、有毒成分^[4-6]、危害防治^[7-8]和内生真菌^[9-10]等方面进行了大量研究,而对其有效防控是生产及生态上亟待解决的问题。在土壤、降水及地形条件良好的醉马草发生区进行草地补播成为对其进行防控的常用方法,防控可否成功的关键就在于如何提高优良牧草在醉马草群落中的定居能力和竞争能力。其中,醉马草在补播种子萌发这一过程中具有重要作用。

化感作用是指植物本身产生的某种物质,通过不同方式释放到周围环境中,从而对另一种植物产生不同程度的互相排斥或促进作用^[11]。而植物的自毒作用就是化感作用的一种特殊类型^[12],是植物种内相互影响的方式之一^[13]。已有研究表明^[14-15],毒害草的化感作用可能是形成草地退化的成因之一。目前,大多学者的研究主要集中于醉马草对无芒雀麦(*Bromus inermis*)种子萌发的影响^[16]及其根围土壤对牧草种子的萌发^[17],而在醉马草对其它补播牧草的化感作用方面研究较少。

因此,本研究选择无芒雀麦、紫花苜蓿(*Medicago sativa*)和红豆草(*Onobrychis viciaefolia*)3种常用的补播牧草作为受体植物,从化感作用的角度出发,研究返青期醉马草根和茎叶水浸液对3种补播牧草及自身种子萌发的影响,以期醉马草的入侵机理和防控提供科学的理论依据。

1 材料与方 法

1.1 采样区概况

采样区为新疆阿克苏乡春秋草地,地理位置为43.704 10°—43.705 17° N,87.687 63°—87.688 42° E,海拔1 159~1 189 m。由于长年过度放牧,目前醉马草大量发生,逐渐成为优势种,在新疆具有一定的代表

性。

1.2 试验材料

1.2.1 供体植物 2014年4月于醉马草返青期,在研究区内选择相同海拔、相同坡度的区域,设置10 m×10 m的5个典型样地,从各样地中选取株高21 cm、丛径宽7 cm左右的植株5株,共计25株。

1.2.2 受体植物 选择醉马草发生区常用的3种补播牧草种子^[18]及醉马草自身种子,即无芒雀麦、红豆草、紫花苜蓿、醉马草。其中,无芒雀麦、红豆草和紫花苜蓿种子由新疆克劳沃草业有限责任公司提供,醉马草种子采自试验区。

1.3 试验方法

1.3.1 水浸液制备 将采集的醉马草植株洗净晾干,分地下(根)与地上(茎叶)两个部分,剪为<2 cm长的小段,放入500 mL锥形瓶内,将其配成0.2、0.1、0.05和0.025 $\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$ 4个质量浓度的溶液^[9],室温(20~24 °C)下浸泡48 h(每隔12 h震荡5 min),经双层纱布过滤后,即得醉马草根部和茎叶部水浸液,4 °C保存备用。

1.3.2 种子萌发试验 2014年6月,采用培养皿滤纸法^[19]探讨不同浓度及部位醉马草水浸液对4种受体植物的化感作用。试验在铺有两层滤纸、直径为12 cm的培养皿中进行,每个培养皿均匀放入50粒饱满的受体植物种子,各处理分别加入0.2、0.1、0.05和0.025 $\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$ 的水浸液6 mL,CK组加入等量蒸馏水,每个处理设置3个重复。培养皿放入人工气候箱,每天25 °C持续8 h,15 °C持续16 h。光照时间为25 °C/8 h,光强度750~1 250 lx(冷白荧光灯)^[9]。每隔24 h记录1次受体种子萌发的数量(以胚根长突破种皮为准^[20]),后参照国家标准^[19]结束试验,并测量胚根和胚芽的长度和重量。

1.4 数据统计分析

计算发芽势(GE)、萌发率(GR)、萌发指数(GI)、化感作用效应指数(RI)、植物平均敏感指数(M_R)^[21]。参照Willamson和Richardson^[22]的方法计算化感作用效应指数(RI)。

$$GR = \frac{\text{萌发终期(规定日期内)全部萌发种子数}}{\text{供试种子数}} \times 100\% \quad (1)$$

$$GE = \frac{n}{N} \times 100\% \quad (2)$$

式中: n 为第 5 天萌发种子数, N 为供试种子数。

$$GI = \sum(G_i/D_i) \quad (3)$$

式中: G_i 为第 7 天内发芽数, D_i 为发芽天数。

$$RI = 1 - C/T \quad (T \geq C) \quad (4)$$

$$RI = T/C - 1 \quad (T < C) \quad (5)$$

式中: $RI > 0$ 时表现为促进作用,反之则为抑制作用。

T 为各指标处理数值, C 为各指标对照数值。

$$M_R = \frac{\sum_{j=1}^m a_j}{n} \quad (6)$$

式中: M_R 代表平均敏感指数; a 为数据项 RI ; n 为该级别数据(RI)的总个数。当 $M_R > 0$ 时为促进作用,

反之则为抑制作用。

试验数据均在 Excel 2003 中录入,运用 SPSS13.0 软件,采取单因素方差分析(One-way ANOVA)和最小显著性差异法(LSD)进行方差分析和显著性检验。其中,萌发率和发芽势的数据均采用反正弦转换后进行数据统计分析。

2 结果与分析

2.1 醉马草根水浸液对 4 种植物种子萌发的影响

随着根水浸液浓度的升高,4 种植物种子萌发的各项指标值大体呈波动下降趋势(表 1)。对 3 种补播

表 1 醉马草根水浸液对 4 种植物种子萌发特性的影响

Table 1 Effect of extracting aqueous of root from *A. inebrians* on seed germination characteristics of four species

受体草种 Receiver forage species	水浸液浓度 Concentration/ g · mL ⁻¹	发芽势 Germination energy/%	萌发率 Germination percentage/%	萌发指数 Germination index	胚根长 Radicel length/cm	胚芽长 Plumule length/cm	单株胚根重 Radicel weight per plant/g	单株芽重 Plumule weight per plant/mg
无芒雀麦 <i>Bromus inermis</i>	CK	59.33±3.04a	88.00±2.90a	9.75±0.89a	6.89±1.01a	6.87±0.87a	28.00±0.81a	84.00±1.27a
	0.025	68.67±3.78a	94.00±4.01a	10.79±0.78a	8.14±0.80a	6.49±0.71a	14.00±0.22a	69.00±1.66a
	0.05	40.67±1.32a	92.67±2.25a	8.30±1.96a	5.25±0.76a	5.94±0.05a	12.00±0.14a	59.00±0.09a
	0.1	59.33±6.46a	92.00±2.17a	9.84±0.87a	7.59±1.25a	5.98±0.89a	14.00±0.15a	63.00±0.93a
	0.2	56.00±1.76a	58.00±2.71a	8.19±0.36a	5.11±0.72a	6.45±0.06a	20.00±0.88a	63.00±1.65a
红豆草 <i>Onobrychis viciaefolia</i>	CK	73.33±1.58a	89.33±1.28a	16.13±0.88a	1.83±0.65b	0.56±0.02a	100.00±0.06a	495.00±1.17a
	0.025	79.33±0.47a	90.00±2.03a	15.17±1.06a	2.49±0.22ab	0.81±0.12a	57.00±0.04a	425.00±1.91a
	0.05	82.00±1.73a	96.67±2.02a	14.50±0.27a	3.10±0.71ab	0.84±0.22a	126.00±0.08a	432.00±3.07a
	0.1	73.33±3.62a	93.33±3.15a	10.64±0.19a	3.35±0.51ab	0.73±0.11a	72.00±0.03a	398.00±2.80a
	0.2	78.00±4.10a	92.67±4.01a	14.27±0.08a	3.85±0.28a	0.68±0.16a	82.00±0.13a	383.00±1.59a
紫花苜蓿 <i>Medicago sativa</i>	CK	48.67±6.32a	78.67±3.76a	10.72±1.32a	3.69±0.37a	0.42±0.03a	47.00±1.72a	80.00±1.12a
	0.025	61.33±1.42a	81.33±1.81a	11.54±0.78a	3.15±0.72a	0.50±0.10a	30.00±1.12a	52.00±1.18a
	0.05	50.67±7.17a	73.33±8.88a	11.15±2.81a	3.40±0.25a	0.52±0.09a	35.00±1.76a	63.00±1.93a
	0.1	43.33±4.06a	74.67±5.86a	8.86±0.32a	2.61±0.82a	0.65±0.13a	12.00±0.26a	45.00±0.37a
	0.2	32.00±9.02a	75.33±3.91a	6.48±1.29a	2.41±0.28a	0.45±0.07a	20.00±0.53a	44.00±0.95a
醉马草 <i>Achnatherum inebrians</i>	CK	57.33±4.79a	100.00±0.00a	8.23±0.48a	4.45±0.54a	3.81±0.32ab	7.00±0.42a	21.00±0.25b
	0.025	35.33±1.79a	100.00±0.00a	8.25±1.19a	1.69±0.39b	3.66±0.06ab	15.00±0.56a	37.00±0.48a
	0.05	29.33±1.99a	100.00±0.00a	7.94±0.22ab	3.31±0.50ab	4.52±0.05a	18.00±0.31a	31.00±0.48ab
	0.1	26.00±1.54a	98.00±4.73ab	7.42±1.13ab	2.21±0.61b	4.02±0.61ab	21.00±0.71a	29.00±0.14ab
	0.2	17.33±5.70a	91.33±7.16b	4.44±1.67b	1.73±0.45b	3.13±0.53b	7.00±0.05a	26.00±0.07ab

注:同列不同小写字母表示同一草种不同处理间差异显著($P < 0.05$)。下同。

Note: Different lower case letters within the same column for the same forage species mean significant difference among different treatments at 0.05 level. The same below.

牧草来说,仅 $0.2 \text{ g} \cdot \text{mL}^{-1}$ 处理下红豆草的胚根长较 CK 表现出显著增加趋势 ($P < 0.05$), 其余各指标均无显著差异 ($P > 0.05$)。对醉马草自身而言, $0.2 \text{ g} \cdot \text{mL}^{-1}$ 处理下的萌发率显著低于 0.025 、 $0.05 \text{ g} \cdot \text{mL}^{-1}$ 和 CK ($P < 0.05$) 处理下的, $0.2 \text{ g} \cdot \text{mL}^{-1}$ 处理下的萌发指数显著低于 $0.025 \text{ g} \cdot \text{mL}^{-1}$ 和 CK 的 ($P < 0.05$), 0.025 、 0.1 和 $0.2 \text{ g} \cdot \text{mL}^{-1}$ 处理下的胚根长显著低于 CK 的 ($P < 0.05$), $0.05 \text{ g} \cdot \text{mL}^{-1}$ 处理下的芽长显著高于 $0.2 \text{ g} \cdot \text{mL}^{-1}$ 的 ($P < 0.05$), $0.025 \text{ g} \cdot \text{mL}^{-1}$ 处理下的芽重显著高于 CK 的, 而发芽势和胚根重则无显著变化 ($P > 0.05$)。

2.2 醉马草茎叶水浸液对植物种子萌发的影响

不同浓度的醉马草茎叶水浸液对 4 种植物种子萌发的各项指标有一定的影响, 随着茎叶水浸液浓度的

增加, 各项指标值大体上呈下降趋势 (表 2)。对补播牧草而言, 醉马草茎叶水浸液仅对无芒雀麦的胚根重、红豆草的胚根长、芽长和芽重无显著影响 ($P > 0.05$)。红豆草和紫花苜蓿各浸提液处理下的胚根重均显著低于 CK 的 ($P < 0.05$), 其余各指标表现为 $0.2 \text{ g} \cdot \text{mL}^{-1}$ 处理下的显著低于 $0.025 \text{ g} \cdot \text{mL}^{-1}$ 和 CK 下的 ($P < 0.05$); 对醉马草自身来说, 除胚根重和芽重外, 其余各指标均呈现出 $0.05 \sim 0.2 \text{ g} \cdot \text{mL}^{-1}$ 处理下的显著低于 CK 的 ($P < 0.05$), 表现为不同程度的抑制作用。

2.3 醉马草株体水浸液对植物种子的综合化感效应

通过计算化感作用敏感指数 (RI) 得出, 无芒雀麦、紫花苜蓿、红豆草和醉马草种子的萌发率、发芽势和萌发指数 3 个指标的 RI 值均为负值, 且萌发指数的化感作用远远强于萌发率, 说明醉马草株体水浸液对

表 2 醉马草茎叶水浸液对 4 种植物种子萌发特性的影响

Table 2 Effect of extracting aqueous of shoot and leaf from *A. inebrians* on seed germination characteristics of four species

受体草种 Receiver forage species	水浸液浓度 Concentration/ $\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$	发芽势 Germination energy/%	萌发率 Germination percentage/%	萌发指数 Germination index	胚根长 Radicle length/cm	芽长 Plumule length/cm	单株胚根重 Radicle weight per plant/g	单株芽重 Plumule weight per plant/mg
无芒雀麦 <i>Bromus inermis</i>	CK	$59.33 \pm 3.05a$	$88.00 \pm 2.90a$	$59.33 \pm 0.89a$	$6.89 \pm 1.01a$	$6.87 \pm 0.87a$	$27.00 \pm 0.81a$	$84.00 \pm 1.27a$
	0.025	$26.67 \pm 3.62b$	$70.00 \pm 1.56a$	$26.67 \pm 1.06b$	$5.61 \pm 1.09a$	$5.81 \pm 0.12ab$	$35.00 \pm 1.48a$	$70.00 \pm 0.68a$
	0.05	$11.33 \pm 0.61c$	$62.00 \pm 5.12b$	$11.33 \pm 0.27c$	$1.46 \pm 0.86b$	$3.52 \pm 1.37bc$	$17.00 \pm 1.54a$	$47.00 \pm 2.64ab$
	0.1	$2.67 \pm 5.48d$	$36.67 \pm 6.58bc$	$2.67 \pm 0.19d$	$0.25 \pm 0.25b$	$1.58 \pm 1.00c$	$3.00 \pm 0.29a$	$32.00 \pm 2.11ab$
	0.2	$0.00 \pm 0.00d$	$2.67 \pm 4.74c$	$0.00 \pm 0.08d$	$0.22 \pm 0.22b$	$0.66 \pm 0.66c$	$2.00 \pm 0.25a$	$11.00 \pm 1.15b$
红豆草 <i>Onobrychis viciaefolia</i>	CK	$73.33 \pm 1.58a$	$89.33 \pm 1.28a$	$73.33 \pm 0.61a$	$1.83 \pm 0.65a$	$0.56 \pm 0.02a$	$100.00 \pm 1.17a$	$495.00 \pm 7.71a$
	0.025	$74.00 \pm 1.51a$	$80.00 \pm 3.11ab$	$74.00 \pm 0.55a$	$0.60 \pm 0.60a$	$0.37 \pm 0.37a$	$10.00 \pm 1.01b$	$90.00 \pm 9.07a$
	0.05	$60.67 \pm 0.39a$	$66.67 \pm 1.64bc$	$60.67 \pm 0.58a$	$0.58 \pm 0.58a$	$0.15 \pm 0.15a$	$4.00 \pm 0.45b$	$90.00 \pm 9.28a$
	0.1	$46.67 \pm 8.76ab$	$58.00 \pm 5.25c$	$46.67 \pm 1.34ab$	$0.42 \pm 0.42a$	$0.21 \pm 0.21a$	$19.00 \pm 1.91b$	$150.00 \pm 14.97a$
	0.2	$22.67 \pm 1.69b$	$50.67 \pm 6.80c$	$22.67 \pm 1.58b$	$0.27 \pm 0.27a$	$0.49 \pm 0.49a$	$12.00 \pm 1.21b$	$170.00 \pm 17.01a$
紫花苜蓿 <i>Medicago sativa</i>	CK	$48.67 \pm 6.32a$	$78.67 \pm 3.76a$	$48.67 \pm 1.33a$	$3.69 \pm 0.37a$	$0.42 \pm 0.03b$	$47.00 \pm 1.72a$	$80.00 \pm 1.12a$
	0.025	$56.67 \pm 1.68a$	$76.67 \pm 5.50a$	$56.67 \pm 0.63a$	$1.31 \pm 0.31b$	$1.06 \pm 0.16a$	$13.00 \pm 0.52b$	$65.00 \pm 1.00ab$
	0.05	$54.67 \pm 2.79a$	$80.67 \pm 0.49a$	$54.67 \pm 0.29a$	$0.96 \pm 0.15bc$	$0.51 \pm 0.14b$	$13.00 \pm 0.59b$	$41.00 \pm 0.38b$
	0.1	$32.67 \pm 8.95a$	$58.00 \pm 12.61a$	$32.67 \pm 1.93a$	$0.55 \pm 0.13cd$	$0.42 \pm 0.12b$	$11.00 \pm 0.66b$	$54.00 \pm 0.83ab$
	0.2	$0.00 \pm 0.00b$	$0.00 \pm 0.00b$	$0.00 \pm 0.00b$	$0.00 \pm 0.00d$	$0.00 \pm 0.00c$	$0.00 \pm 0.00b$	$0.00 \pm 0.00c$
醉马草 <i>Achnatherum inebrians</i>	CK	$57.33 \pm 4.79a$	$100.00 \pm 0.00a$	$57.33 \pm 0.48a$	$4.45 \pm 0.54a$	$3.81 \pm 0.32a$	$7.00 \pm 0.42a$	$21.00 \pm 0.25a$
	0.025	$42.67 \pm 5.49a$	$100.00 \pm 0.00a$	$42.67 \pm 0.23a$	$2.98 \pm 0.39a$	$3.39 \pm 0.15ab$	$4.00 \pm 0.23a$	$21.00 \pm 0.67a$
	0.05	$0.00 \pm 0.00b$	$60.00 \pm 9.56b$	$0.00 \pm 0.00b$	$0.95 \pm 0.53bc$	$2.05 \pm 0.86bc$	$2.00 \pm 0.10a$	$12.00 \pm 0.52ab$
	0.1	$0.00 \pm 0.00b$	$52.67 \pm 2.96b$	$0.00 \pm 0.00b$	$0.52 \pm 0.06bc$	$1.24 \pm 0.35cd$	$2.00 \pm 0.04a$	$14.00 \pm 0.71ab$
	0.2	$0.00 \pm 0.00b$	$0.00 \pm 0.00c$	$0.00 \pm 0.00b$	$0.00 \pm 0.00c$	$0.00 \pm 0.00d$	$0.00 \pm 0.00a$	$0.00 \pm 0.00b$

其种子萌发产生了不同程度的抑制效应。从 RI 值的正负和绝对值的大小来看,4 种植物种子敏感性由强到弱依次为醉马草>无芒雀麦>红豆草>紫花苜蓿(图 1)。

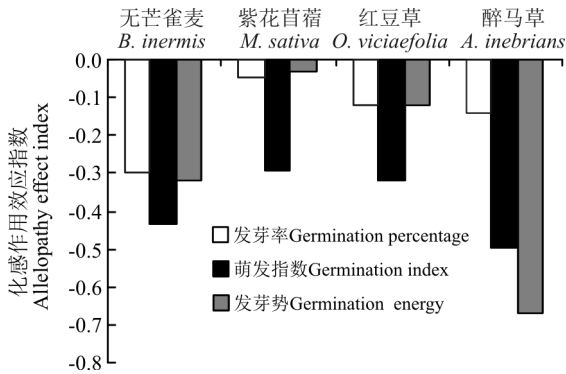


图 1 醉马草株体水浸液对 4 种植物种子化感作用的化感作用效应指数

Fig.1 Allelopathy effect index of four plant species affected by *A. inebrians* aqueous extract

进一步用植物平均敏感指数(M_R)分析醉马草根、茎叶不同部位水浸液对 4 种植物种子的化感作用发现,均呈现出一定程度的抑制作用,并且其作用强度都表现为茎叶水浸液的化感作用远远大于其根水浸液的化感作用(图 2)。

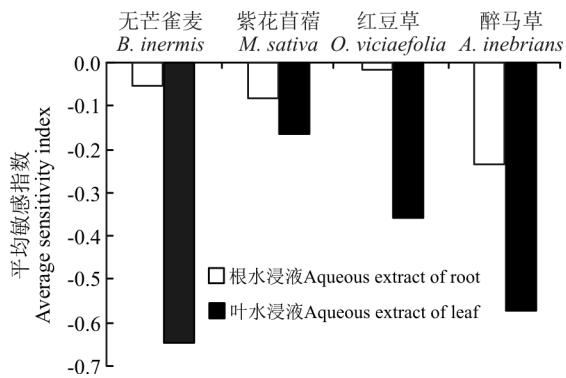


图 2 醉马草不同部位水浸液对 4 种植物种子的平均敏感指数

Fig.2 The average sensitivity index of aqueous extract of different parts from *A. inebrians* to four plant species

醉马草株体水浸液处理 4 种植物种子后,化感作用表现为低浓度促进、高浓度抑制的作用(图 3)。对无芒雀麦、红豆草和醉马草种子表现出一定程度的抑制效应,而对紫花苜蓿种子来说,在 $0.025 \text{ g} \cdot \text{mL}^{-1}$ 浓度下表现为促进作用,在大于 $0.025 \text{ g} \cdot \text{mL}^{-1}$ 浓度下呈现出不同程度的抑制作用。且 4 种植物种子均表现为随着浓度的不断升高,抑制效应也逐渐增强。

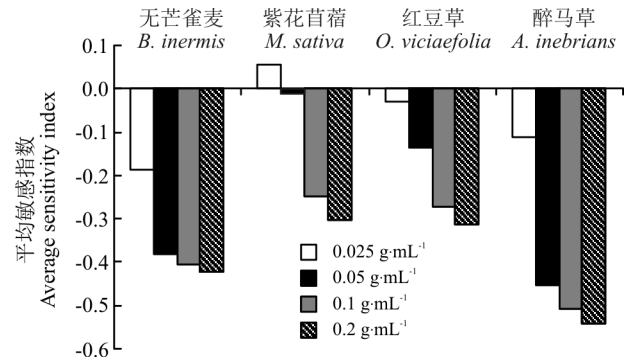


图 3 不同浓度醉马草株体水浸液对 4 种植物种子的平均敏感指数

Fig.3 The average sensitivity index of aqueous extract of different concentrations from *A. inebrians* to four plant species

3 讨论

化感作用表现为促进和抑制作用两个方面,在杂草入侵过程中,是指一个活体植物通过向环境释放自身产生的某种化学物质,从而影响周围植物生长发育的过程^[23]。资料显示,醉马草株体水浸液对 4 种植物种子萌发表现出不同程度的抑制作用,浓度越大,受抑制作用越显著。而且可以看出,醉马草对植物种子萌发指数的影响远大于对萌发率的影响,导致植物种子发芽时间延后。以上结果表明,醉马草的化感作用将严重影响牧草对地上和地下资源的竞争能力。

本研究显示,醉马草不同部位水浸液对受体植物的种子萌发显示一定的化感活性,其中茎叶水浸液对受体植物的化感作用远强于根水浸液,说明茎叶是集中表现醉马草化感作用的特定部位。在相同浓度下,结实期醉马草的根、茎、叶水浸液对无芒雀麦种子萌发化感抑制作用由强到弱依次表现为叶>茎>根^[16]。此外,已有研究结果^[24]显示,植物不同部位的化感作用具有一定的差异性,一般会比较集中表现于某一个特定器官,如黄帚橐吾(*Ligularia virgaurea*)集中于根部^[25]、沙打旺(*Astragalus adsurgens*)集中于叶^[26]、银胶菊(*Parthenium hysterophorus*)集中于叶和果实^[24]等。可见,各营养器官水浸液的化感作用在不同受体间具有一定的差异性,这可能与器官中存在化感物质及其含量有关,还有待于进一步研究。

化感作用的重要研究内容是化感物质的浓度效应。资料显示,化感作用对受体植物的影响因浓度的不同会存在一定差异,体现出其具有明显的浓度效应^[27]。本研究表明,醉马草株体水浸液对无芒雀麦、

红豆草和醉马草种子表现出一定程度的抑制作用,且浓度越大化感效应越显著,而对紫花苜蓿种子来说,在 $0.025\text{ g}\cdot\text{mL}^{-1}$ 浓度下表现为促进作用,在大于 $0.025\text{ g}\cdot\text{mL}^{-1}$ 浓度下呈现出不同程度的抑制作用。

醉马草株体水浸液对其种子萌发和胚生长具有一定的自毒作用,且作用强度随水浸液浓度的增大而增强,具有浓度梯度效应,远远高于对其余3种补播牧草的影响。对于不同器官的醉马草水浸液来说,同样也表现为茎叶>根。

4 结论

醉马草株体水浸液对4种植物种子化感作用的敏感性由强到弱表现为醉马草>无芒雀麦>红豆草>紫花苜蓿,且抑制效应均表现为茎叶>根。醉马草株体水浸液处理无芒雀麦、红豆草和醉马草种子后,均表现出抑制作用;紫花苜蓿种子则表现出低促高抑现象。因此,建议使用紫花苜蓿等耐受性较好的牧草来对醉马草爆发区进行春季补播恢复。

参考文献 References:

- [1] 陈翼胜,郑硕.中国有毒植物.北京:科学出版社,1987:272-273.
- [2] 于振田.新疆草场主要毒害草防治措施.新疆畜牧业,1994(1):20-23.
- [3] 萨赫都拉·霍曼.醉马草及其防治措施.草业科学,1992,9(5):36-37.
Sahedula·Huoman.*Achnatherum inebrians* and prevention measures.Pratacultural Science,1992,9(5):36-37.(in Chinese)
- [4] 张伟,李冠,李小飞.醉马草毒性成分的提取研究.生物技术,2006,16(6):60-62.
Zhang W,Li G,Li X F.Extraction of toxic components *Achnatherum inebrians*.Biological Technology,2006,16(6):60-62.(in Chinese)
- [5] 党晓鹏,曹光荣,段得贤,李邵君,赵效文,周进海.醉马草的有毒成分研究.畜牧兽医学报,1992,23(4):366-371.
Dang X P,Cao G R,Duan D X,Li S J,Zhao X W,Zhou J H.Studies on the toxic constituent of *Achnatherum inebrian*.Chinese Journal of Animal and Veterinary Sciences,1992,23(4):366-371.(in Chinese)
- [6] 桑明,张继,姚健,杨永利,黄爱仑,曾凡龙,卫荣华,王燕,魏丕芳.醉马草毒性成分的分析研究.畜禽业,2006(6):9-11.
Sang M,Zhang J,Yao J,Yang Y L,Huang A L,Zeng F L,Wei R H,Wang Y,Wei P F.Abstraction and analysis of poisonous components of *Achnatherum inebrians*.Livestock and Poultry Industry,2006(6):9-11.(in Chinese)
- [7] 蔡磊明,张茂新.新疆草地醉马草危害及其生物治理策略的探讨.全国生物防治学术讨论会论文摘要集.北京:中国植物保护学会,中国昆虫学会,中国农科院生物防治研究所,北京市农林科学院植保环保所,1995.
- [8] 李学森,任继生,冯克明,雷特生,阿依丁,张学洲,穆合塔尔,双湖尔.醉马草生态控制的研究.草业学报,1996,5(2):14-17.
Li X S,Ren J S,Feng K M,Lei T S,Ayiding,Zhang X Z,Muhetare,Shuanghuer.Ecological control method of *Achnatherum inebrians*.Acta Prataculturae Sinica,1996,5(2):14-17.(in Chinese)
- [9] 黄玺,李春杰,南志标.醉马草内生真菌共生体对其伴生植物种子萌发的影响.草业科学,2010,27(7):84-87.
Huang X,Li C J,Nan Z B.Effects of *Achnatherum inebrians*/*Neotyphodium* endophyte symbiont on seed germination of *Stipa capillata* and *Poa sphondylodes*.Pratacultural Science,2010,27(7):84-87.(in Chinese)
- [10] 梁莹.醉马草内生真菌共生体对小尾寒羊的影响.兰州:兰州大学硕士学位论文,2011.
Liang Y.Effect of *Achnatherum inebrians*/*Neotyphodium* endophyte symbiont on small tailed Han sheep.Master Thesis.Lanzhou:Lanzhou Univeisity,2011.(in Chinese)
- [11] Rice E L.Allelopathy,2nd.New York:Academic Press Inc,1984:1-50.(in Chinese)
- [12] 王辉.刺槐自毒作用及与主要伴生树种化感作用研究.保定:河北农业大学硕士学位论文,2009:1-2.
Wang H.Locust autotoxicity and the main associated species allelopathy.Master Thesis.Baoding:Agricultural University of Hebei Province,2009:1-2.(in Chinese)
- [13] 邢勇,段小燕.植物的自毒作用.生物学教学,2002,27(11):6-7
Xing Y,Duan X Y.Autotoxicity plants.Biology Teaching,2002,27(11):6-7.(in Chinese)
- [14] 张宝深,白雪芳,顾立华,甄润德.生化他感作用与高寒草甸上人工草场自然退化现象的研究.生态学报,1989,9(2):115-119.
Zhang B S,Bai X F,Gu L H,Zhen R D.Artificial pasture allelopathy and alpine meadow natural degradation phenomena.Acta Ecologica Sinica,1989,9(2):115-119.(in Chinese)

- [15] 周淑清,黄祖杰,王惠,刘一凌,胡卉芳.狼毒在土壤里腐解过程中对红豆草生化他感作用的研究.草业科学,2009,26(3):91-94.
Zhou S Q, Huang Z J, Wang H, Liu Y L, Hu H F. Allelopathic Effect of *Steura chamaejasme* decomposing in soil on *Onobrychis viciifolia*. Pratacultural Science, 2009, 26(3): 91-94. (in Chinese)
- [16] 赛米拉克孜·台外库力,靳瑰丽,安沙舟,刘湘.结实期醉马草对无芒雀麦种子萌发的化感作用.草地学报,2014,22(5):1143-1146.
Saimilakezi · Taiwaikuli, Jin G L, An S Z, Liu X. The allelopathic effect of *Achnatherum inebrians* Keng on the seed germination of *Bromus inermis*. Acta Agrestia Sinica, 2014, 22(5): 1143-1146. (in Chinese)
- [17] 赛米拉克孜·台外库力,靳瑰丽,安沙舟,崔国盈,张勇娟,才登巴·金保.醉马草根围土壤对牧草种子萌发的影响.草业科学,2014,31(11):2105-2112.
Saimilakezi · Taiwaikuli, Jin G L, An S Z, Cui G Y, Zhang Y J, Caidengba · Jinbao. Effects of rhizosphere soil of *Achnatherum inebrians* on forages seed germination. Pratacultural Science, 2014, 31(11): 2105-2112. (in Chinese)
- [18] 杨合龙,宋跃斌,孙宗玖,靳瑰丽,安沙舟,石智明,阿义古力·艾斯达吾列提.牧草不同补播方式对醉马草种群特征及其草地群落多样性的影响.贵州农业科学,2015,43(10):67-71.
Yang H L, Song Y B, Sun Z J, Jin G L, An S Z, Shi Z M, Ayiguli · Asidawulieti. Effects of different reseeding patterns on population characteristics of *Achnatherum inebrians* and diversity of grassland community. Guizhou Agricultural Sciences, 2015, 43(10): 67-71. (in Chinese)
- [19] 王彦荣,孙建华,余玲,南志标,曾彦军,卫东.GB/T 2930.1-2930.11-2001.牧草种子检验规程.北京:中国标准出版社,2001.
Wang Y R, Sun J H, Yu L, Nan Z B, Zeng Y J, Wei D. GB/T 2930.1-2930.11-2001. Rules for Forage Seed Test. Beijing: China Standard Press, 2001. (in Chinese)
- [20] 杨松,黄玺,柴青,李春杰,南志标.醉马草内生真菌对3种草坪草种子与种苗的化感效应.草地学报,2010,18(1):78-88.
Yang S, Huang X, Chai Q, Li C J, Nan Z B. Allelopathic effects of endophytic fungi of *Achnatherum inebrians* Keng on the seed and seedling of three turf grasses. Acta Agrestia Sinica, 2010, 18(1): 78-88. (in Chinese)
- [21] 慕小倩,何红花,董志刚.2种杂草水提液对小麦种子萌发及幼苗生长的影响.西北植物学报,2008,28(6):1165-1171.
Mu X Q, He H H, Dong Z G. Effects of water extract of two seed germination and seedling growth of different wheat varieties. Acta Botanica Boreali-Occidentalia Sinica, 2008, 28(6): 1165-1171. (in Chinese)
- [22] Williamson G B, Richardson D. Bioassays for allelopathy: Measuring treatment responses with independent controls. Journal of Chemical Ecology, 1988, 14(1): 181-187.
- [23] 孔垂华,胡飞.植物化感作用(相生相克)及其应用.北京:中国农业出版社,2001:2-4,17-18,21-22,128,134-136,176.
Kong C H, Hu F. Plants Allelopathy and Applications. Beijing: China Agriculture Press, 2001: 2-4, 17-18, 21-22, 128, 134-136, 176. (in Chinese)
- [24] 高兴祥,李美,谢慧,高宗军,张秀荣,张悦丽,曹堃程,孔金花.外来入侵植物银胶菊不同部位的化感作用.草业科学,2012,29(6):898-903.
Gao X X, Li M, Xie H, Gao Z J, Zhang X R, Zhang Y L, Cao A C, Kong J H. Allelopathic effects of *Parthenium argentatum* on seed germination and seedling growth of three plant species. Pratacultural Science, 2012, 29(6): 898-903. (in Chinese)
- [25] 马瑞君,王明理,赵坤,郭守军,赵庆芳,孙坤.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.
Ma R J, Wang M L, Zhao K, Guo S J, Zhao Q F, Sun K. Allelopathy of aqueous extract from *Ligularia virgaurea*, a dominant weed in psychro-grassland, on pasture plants. Chinese Journal of Applied Ecology, 2006, 17(5): 845-850. (in Chinese)
- [26] 于福科,黄新会,马永清.不同生长时期沙打旺不同部位及其植株的化感作用研究.草业学报,2008,17(5):76-83.
Yu F K, Huang X H, Ma Y Q. Allelopathic effect of different parts and plants of *Astragalus adsurgens* at different growth stages. Acta Pratacultural Sinica, 2008, 17(5): 76-83. (in Chinese)
- [27] 高丹.巨桉主要器官浸提液对几种牧草的化感作用研究.成都:四川农业大学硕士学位论文,2008.
Gao D. Allelopathy potentials of water extracts of the main organs of *Eucalyptus grandis* on pastures. Master Thesis. Chengdu: Sichuan Agricultural University, 2008. (in Chinese)

(责任编辑 武艳培)