

大麻对瓜列当和向日葵列当种子萌发诱导作用研究

余蕊¹ 马永清^{2*}

(1. 西北农林科技大学 林学院, 陕西 杨凌 712100;

2. 西北农林科技大学 水土保持研究所, 陕西 杨凌 712100)

摘要 以宁夏回族自治区固原市当地种植的大麻为材料,采用盆栽试验探索大麻在不同生育期(苗期、快速生长期、开花期)的根际土、根、茎及叶的甲醇和水提取液对瓜列当和向日葵列当种子萌发的刺激效果。结果表明:根际土提取液刺激瓜列当种子的发芽率大于向日葵列当。大麻植株的甲醇和水提取液刺激瓜列当种子发芽率高低顺序为根>茎>叶,其中甲醇提取液刺激列当种子萌发率高于水提取液。根与茎的甲醇提取液刺激瓜列当和向日葵列当种子发芽率均显著相关($R^2=0.8336, P<0.001$ 和 $R^2=0.5444, P<0.05$)。植株的甲醇提取液对瓜列当种子的萌发诱导作用在快速生长期最强(45.2%),而向日葵列当种子的萌发诱导作用则在苗期最强(41.5%),水提取液对瓜列当及向日葵列当种子萌发诱导作用均在苗期表现为最强,发芽率分别为53.6%和23.7%。本研究结果表明,大麻在苗期和快速生长期可以作为列当的“捕获”作物,结论可为生物防除寄生杂草列当提供科学依据。

关键词 大麻;列当;种子;萌发;捕获作物

中图分类号 S 512.1; Q 948.9

文章编号 1007-4333(2014)04-0038-09

文献标志码 A

Melon broomrape and sunflower broomrape seeds germination induced by hemp (*Cannabis sativa* L.) plants

YU Rui¹, MA Yong-qing^{2*}

(1. College of Forestry, Northwest A&F University, Yangling 712100, China;

2. Institute of Soil and Water Conservation, Northwest A&F University, Yangling 712100, China)

Abstract Rhizosphere soils and plant tissues (roots, stems and leaves) from hemp (*Cannabis sativa* L.) plants were collected under pot experimental condition to study their allelopathic effect on stimulating seeds germination for both melon broomrape (*Phelipanche aegytiaca* Pers.) and sunflower broomrape (*Orobancha cumana* Wallr.) at different growth stages. The results showed that rhizosphere soil extract displayed a higher germination rate for melon broomrape than that of sunflower broomrape. The seeds germination rates, induced by methanol extracts of roots were higher than that of stems and leaves. Induction of broomrape seeds germination by methanol extracts were stronger than that of aqueous extracts. There was a significant positive correlation between the germination rates of melon broomrape, which were induced by root methanol extracts and the stem extracts ($R^2=0.8336, P<0.05$). There was also a significant positive correlation between the germination rates of sunflower broomrape, which were induced by hemp root methanol extracts and the stem methanol extracts ($R^2=0.5444, P<0.05$). Methanol extract of the roots at seedling stage indicated the highest germination rate for sunflower broomrape seeds germination (45.2%), while melon broomrape seeds germination were appeared at fast-growing stage (41.5%). Aqueous extracts of hemp roots induced the highest germination rates on both melon and sunflower broomrape seeds at the seedling stage, with germination rates of 53.6% and 23.7%, respectively. It is indicated that hemp has potential to be used as a “catch crop” for broomrape. These results can provide a basis for the bio-control of the parasitic weeds.

Key words *Cannabis sativa*; *Orobancha*; seed; germination; catch crop

收稿日期: 2013-11-28

基金项目: 国家“十二五”科技支撑计划项目 (2011BAD31B05)

第一作者: 余蕊, 硕士研究生, E-mail: yurui229@163.com

通讯作者: 马永清, 教授, 主要从事植物化感作用与寄生植物生理生态研究, E-mail: mayongqing@ms.iswc.ac.cn

列当(*Orobancha* spp.)是一类根寄生生活的列当科列当属植物的总称,广泛分布于世界各地^[1]。列当完全靠寄主提供养分和水分,阻碍了寄主植物的正常生长。目前列当已在向日葵^[2]、豆类^[3]、番茄^[4]及瓜类^[5]等多种经济作物种植区造成严重危害。以瓜列当(*Phelipanche aegyptiaca* Pers. Syn. *Orobancha aegyptiaca* Pers.)和向日葵列当(*Orobancha cumana* Wallr.)对世界农业生产危害最为严重,它们分别寄生于瓜类和向日葵根部。在我国新疆,瓜列当可造成甜瓜和西瓜产量减少20%~70%^[5]。有报道指出当向日葵被向日葵列当寄生时株寄生率可达72%~90%^[6],产量将减少40%~50%^[7]。单株列当可产生数量高达5万~10万粒种子,在列当危害区的土壤中存在大量的列当种子。

列当种子体积小,极易随风力、水流、人畜、农具及寄主种子等进行传播;列当种子的生活力极强,可在土壤中保持5~10年发芽力^[8],这使得列当的防治十分困难。目前,生产上主要采用人工除草、喷施化学农药、培育抗性品种等方法防治列当,但防治效果均不理想且存在诸多弊端^[9-11]。采用“诱捕”和“捕获”作物是一种生物防除列当杂草常用的方法^[12]。诱捕作物是指作物的根系能够分泌列当种子发芽的刺激物质,但不会被列当寄生,而作物本身可以进行正常收获的作物^[13],列当由于发芽后不能与诱捕作物建立寄生关系,数日后因种子内储存的养分消耗殆尽而死亡,这种萌发后不能完成其生活史的现象又被称为“自杀发芽”^[14]。利用诱捕作物使列当种子“自杀发芽”既可以有效降低土壤列当种子库,又对当季的农业生产影响较小。

董淑琦等^[15]报道了应用不同的小麦品种作为小列当“诱捕”作物,马永清等^[16]指出棉花也可以作为小列当的“诱捕”作物,Ma等^[17]指出玉米(*Zea mays* L.)可以作为向日葵列当的“诱捕”作物,张维等^[18-19]指出大豆也可以作为向日葵列当和瓜列当的“诱捕”作物。国外有研究报道玉米和菜豆可以作为大麻列当和弯管列当的诱捕作物^[20],减少土壤中的列当种子库。

捕获作物是指播种寄主后,采用捕获作物来诱导列当种子发芽并寄生,在列当没有开花结籽前,将寄主植物毁灭^[21]。利用捕获作物防除列当在辣椒^[22]和芸苔属^[23]植物上有相关报道。大麻(*Cannabis*

sativa L.)是大麻科大麻属一年生草本植物^[24],其经济价值较高,对环境的适应性较强,是一种理想的可再生资源^[25-26]。在我国陕西北部向日葵列当危害地区,农民通常采用大麻与向日葵轮作的方式来减少列当对向日葵造成的损失。以大麻为主要寄主的列当是大麻列当(*Orobancha ramosa* L.)^[27],该列当还可寄生烟草和番茄^[28-29]。然而,大麻是否能够被瓜列当和向日葵列当寄生以及是否可以作为捕获作物防除瓜列当和向日葵列当,目前尚无相关报道。本研究拟通过研究大麻不同生育期以及植株不同部位和根际土对瓜列当和向日葵列当种子萌发的刺激作用,探讨大麻作为瓜列当和向日葵列当“捕获作物”的可行性,以期为大麻作为“捕获作物”防除列当杂草提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 供试材料

试验于2012年4月11日—7月20日在西北农林科技大学水土保持研究所院内大棚中进行。大麻种子于2011年采自宁夏回族自治区固原市。盆栽采用杨凌中科环境工程有限公司生产的火箭盆(Rocket Pot)(高25 cm、直径20 cm)。取0~20 cm耕层土壤,经拍碎,曝晒,过10 mm筛后装盆,土壤有机质含量为9.41 g/kg,全氮0.28 g/kg,有效磷含量2.28 mg/kg,有效钾含量206 mg/kg, pH 7.41。每盆栽土5 kg,播20粒大麻种子,表面覆土2 cm,定期浇水,待出苗后统一定苗10株/盆。同时,设置不种植任何植物的盆栽(9盆)作为对照。依据大麻的生育期分别于2013年5月6日、6月6日及7月20日采集苗期、快速生长期及开花期大麻的根际土和植株样品。利用抖土法采集距根系4 mm的土壤即根际土^[30],在不伤害大麻根系的基础上,除去大土块后将靠近大麻根系的土抖落,过1 mm筛,冰箱冷藏备用。把大麻植株连根挖出,将根、茎和叶分开,分别用水冲洗干净后冷冻干燥、研磨,过50目筛备用,各3次重复。

供试瓜列当种子于2008年采自新疆生产建设兵团农十一师加工番茄大田中。向日葵列当种子采自新疆生产建设兵团农十一师五一农场向日葵大田中。2种列当种子贮藏于-10℃的低温储藏柜中。列当发芽标准刺激物质GR24由荷兰Binne Zwanenburg教授提供。

1.2 种子表面消毒及预培养

1.2.1 列当种子表面消毒

在超净工作台,将瓜列当和向日葵列当种子分别放在下端开口,底部封有尼龙网的PVC管(直径为6.0 cm,高度5.0 cm)中,将PVC管放入1个小烧杯中,向PVC管中加入有效成分为1%的次氯酸钠溶液直至完全浸没种子。将烧杯放入超声波清洗器中处理1 min后将PVC管取出,用无菌水充分冲洗种子至流出水为无色。随后加入体积分数为75%的乙醇直至完全浸没种子,超声波处理1 min,取出PVC管,用无菌水冲洗至无色,晾干备用。

1.2.2 列当种子预培养

在直径为90 mm的培养皿内放双层滤纸,加入5 mL无菌蒸馏水后均匀放置直径5 mm的玻璃纤维滤片(Whatman GF/A)约150片。将消毒后的种子按每片20~40粒均匀撒在上述玻璃纤维滤片上,培养皿用封口膜封口,放置在25℃的恒温培养箱中暗培养3 d,备用。

1.3 大麻根际土直接刺激列当种子发芽

将1.1中采集的大麻各生长期根际土壤,铺于直径3.5 cm的小培养皿中,加3 mL蒸馏水,每皿中加入预培养好种子的玻璃纤维滤片5片。同时以 10^{-7} mol/L GR24和未种植任何作物的空白土壤处理作为发芽对照。用Parafilm封口膜封口,在25℃恒温培养箱内培养。10 d后在显微镜(20×16)下观察并统计发芽率。

1.4 大麻根际土的蒸馏水提取液刺激列当种子发芽

试验方法采用Parker等^[31]方法。

蒸馏水提取液的制备:称取1.1中采集的大麻各生长期根际土壤5.00 g于三角瓶中,加入10 mL无菌蒸馏水,放入超声波清洗器中超声波处理30 min后过滤得上清液视为原液。将原液用无菌蒸馏水分别稀释10和100倍即为提取液的10和100倍稀释液,每个浓度3次重复。

种子发芽试验方法:用无菌滤纸吸去1.2.2中预培养后种子中的多余水分,将其放置于90 mm培养皿中。吸取上述各浓度稀释液20 μ L加于玻璃纤维滤片上。同时分别以 10^{-7} mol/L GR24和与供试条件相同但不种植大麻的土壤的水提取液为发芽对照。将培养皿用Parafilm封口膜密封后,置于25℃恒温培养箱内培养。10 d后在显微镜(20×

16)下观察瓜列当和向日葵列当种子的发芽情况并统计发芽率。

1.5 大麻根际土的甲醇提取液刺激列当种子发芽

甲醇提取液制备方法:同1.3中蒸馏水提取液的制备方法,用甲醇代替蒸馏水。试验设原液,10倍和100倍稀释液3个浓度,各3次重复。

种子发芽试验方法:将无列当种子的5 mm玻璃纤维滤片摆放于90 mm培养皿中,向各片上加入不同浓度的甲醇提取液15 μ L。放置30 min除去甲醇后重叠放置撒有预培养种子的玻璃纤维滤片,再向两层玻璃纤维滤片上加入30 μ L无菌蒸馏水。其余方法同1.3。

1.6 大麻植株根、茎和叶蒸馏水或甲醇提取液刺激列当种子发芽

试验方法参照Parker等^[31-32]方法并稍做改进。

提取液的制备:称取1.1中的植株粉碎样品0.10 g置于1.5 mL的离心管内,加入1 mL无菌蒸馏水或甲醇。将离心管放入超声波清洗器中超声波处理30 min,6 400 r/min微型离心机离心2 min后所得上清液即为原液。分别用无菌蒸馏水或甲醇将原液稀释10和100倍即为提取液的10和100倍稀释液,各浓度3次重复。同时分别以 10^{-7} mol/L GR24、无菌蒸馏水作为正、负对照。水提取液和甲醇提取液种子发芽试验方法分别同1.3和1.4。

1.7 数据处理

试验数据采用Excel 2003和SPSS 13.0进行统计分析。

2 结果与分析

GR24处理为鉴定瓜列当和向日葵列当种子活力,瓜列当种子发芽率为90%~95%,向日葵列当种子发芽率为70%~80%,无菌水和未种植大麻对照土壤处理则不发芽。

2.1 不同生育期大麻根际土直接刺激以及水提取液对列当种子发芽的刺激作用

大麻各时期的根际土直接刺激瓜列当和向日葵列当种子萌发,种子都不发芽。

不同生育期大麻根际土水提取液对瓜列当和向日葵列当种子发芽的刺激作用不同。在3个生育期中,以开花期根际土提取液对瓜列当种子萌发的刺激作用最强。开花期根际土水提取液的原液、10倍及100倍稀释液刺激瓜列当种子萌发的发芽率分别

为 9.3%、17.3% 及 27.7%，表现为随稀释倍数增加刺激作用逐渐增强的趋势，但不同稀释倍数之间的发芽率不显著。在快速生长期，大麻根际土水提取液的 10 倍稀释液刺激瓜列当种子萌发的发芽率最高，为 9.0%；之后依次为原液和 100 倍稀释液，发

芽率分别为 6.3% 和 4.0%。而在苗期，大麻根际土水浸提液对瓜列当种子萌发的刺激作用表现为随稀释倍数增加逐渐减弱的趋势，其 0(原液)、10 和 100 倍稀释液刺激瓜列当种子萌发的发芽率分别为 4.0%、3.7% 和 0.0%(表 1)。

表 1 不同生育期大麻根际土水提取液刺激列当种子的发芽率
Table 1 *Orobanch* seeds germination induced by aqueous extracts of *C. sativa* rhizosphere soils at different growth periods %

生育期 Growth period	稀释倍数 Dilutions	瓜列当 <i>P. aegyptiaca</i>	向日葵列当 <i>O. cumana</i>
苗期 Seedling	0	4.0 b	0.0 a
	10	3.7 b	1.3 a
	100	0.0 b	0.7 a
快速生长期 Fast-growing	0	6.3 ab	0.7 a
	10	9.0 b	0.0 a
	100	4.0 b	1.3 a
开花期 Flowering	0	9.3 a	1.3 a
	10	17.3 a	1.0 a
	100	27.7 a	0.0 a

注: 同列不同小写字母表示处理间在 0.05 水平上差异显著, 表 2~4 同。

Note: Values with different small letters in the same columns represent significant difference among the treatments at $P=0.05$ level. The same as the table 2-4.

大麻根际土水提取液对瓜列当种子萌发的刺激作用较强而对向日葵列当种子萌发的刺激作用较弱。除苗期根际土水提取液的 100 倍稀释液外，大麻其他生育时期根际土不同稀释倍数的水提取液均可刺激瓜列当种子萌发。而 3 个生育时期大麻根际土水提取液不同倍数稀释液对向日葵列当种子萌发的刺激作用均较弱，发芽率最高仅为 1.3%，且不同生育期的水提取液刺激向日葵列当种子萌发的发芽率间差异均不显著(表 1)。

2.2 不同生育期大麻根际土甲醇提取液对列当种子发芽的刺激作用

3 个时期大麻根际土的甲醇提取液刺激瓜列当种子萌发的发芽率均表现为随稀释倍数增加逐渐增高的趋势。其中，大麻快速生长期的根际土甲醇提

取液 100 倍稀释液对瓜列当种子萌发的刺激作用最强，发芽率高达 51.7%；其次为开花期的 100 倍稀释液，为 44.7%。苗期根际土甲醇提取液的 100 倍稀释液、快速生长期根际土甲醇提取液的原液及 10 倍稀释液刺激瓜列当种子萌发的发芽率也均为或超过 20.0%，分别为 28.7%、20.0% 及 26.7%。其中，苗期根际土不同稀释倍数甲醇提取液刺激瓜列当种子萌发的发芽率与快速生长期各稀释倍数及开花期 100 倍稀释液相应各数据间差异显著($P<0.05$)。

大麻开花期根际土甲醇提取液的 100 倍稀释液对向日葵列当种子萌发的刺激作用最强，发芽率为 18.7%。其余均较低，均未超过 3%。不同生育期的根际土甲醇提取液刺激瓜列当种子萌发的发芽率整体大于向日葵列当(表 2)。

表2 不同生育期大麻根际土甲醇提取液刺激列当种子的发芽率

Table 2 *Orobanch*e seeds germination induced by methanolic extracts of *C. sativa* rhizosphere soils at different growth periods %

生育期 Growth period	稀释倍数 Dilutions	瓜列当 <i>P. aegyptiaca</i>		向日葵列当 <i>O. cumana</i>	
		根 Root	茎 Stem	根 Root	茎 Stem
苗期 Seedling	0	0.0 b	0.0 b	2.3 a	0.0 b
	10	0.0 c	0.0 c	1.7 a	0.0 b
	100	28.7 b	28.7 b	0.0 b	0.0 b
快速生长期 Fast-growing	0	20.0 a	20.0 a	0.0 a	0.0 a
	10	26.7 a	26.7 a	0.7 a	0.7 a
	100	51.7 b	51.7 b	2.7 b	2.7 b
开花期 Flowering	0	5.0 b	5.0 b	0.7 a	0.7 a
	10	10.7 b	10.7 b	1.3 a	1.3 a
	100	44.7 a	44.7 a	18.7 a	18.7 a

2.3 不同生育期大麻植株根、茎和叶水提取液对列当种子发芽的刺激作用

3个时期大麻不同部位的水提取液刺激瓜列当种子萌发的发芽率均表现为随稀释倍数先增加后减弱的趋势。其中,大麻苗期根的水提取液10倍稀释液对瓜列当种子萌发的刺激作用最强,发芽率高达53.6%;其次为开花期的10倍稀释液,为22.5%。苗期和快速生长期水提取液刺激瓜列当种子萌发的发芽率均为根>茎>叶。大麻快速生长期的水提取液刺激瓜列当种子萌发的发芽率较低,且均不超过

5%。不同生育期根与茎的水提取液刺激瓜列当种子萌发的发芽率间存在显著差异。

大麻苗期和快速生长期的水提取液刺激向日葵列当种子萌发的发芽率表现为随稀释倍数先增加后减弱的趋势。大麻快速生长期的水提取液10倍稀释液对向日葵列当种子萌发的刺激作用最强,发芽率为23.8%,其次为苗期的10倍稀释液,为23.7%。大麻叶的水提取液刺激向日葵列当种子萌发的发芽率较低,且均不超过10%(表3)。

表3 不同生育期大麻植株根、茎和叶水提取液刺激列当种子的发芽率

Table 3 *Orobanch*e seeds germination induced by aqueous extracts of *C. sativa* at different growth periods %

生育期 Growth period	稀释倍数 Dilutions	瓜列当 <i>P. aegyptiaca</i>			向日葵列当 <i>O. cumana</i>		
		根 Root	茎 Stem	叶 Leaf	根 Root	茎 Stem	叶 Leaf
苗期 Seedling	0	11.5 bcd	6.0 de	0.0 b	10.5 bc	2.2 b	6.1 a
	10	53.6 a	11.2 c	0.7 b	23.7 a	20.2 a	5.4 a
	100	19.2 bc	4.1 ef	1.7 b	9.6 bc	5.4 b	3.7 ab
快速生长期 Fast-growing	0	4.8 d	1.8 f	0.0 b	9.8 bc	5.8 b	3.1 ab
	10	4.9 d	1.8 f	0.0 b	12.3 bc	23.8 b	4.1 ab
	100	2.7 d	2.0 f	1.2 b	4.9 c	3.9 b	0.0 b
开花期 Flowering	0	8.5 cd	9.5 cd	0.0 b	14.2 b	4.8 b	0.0 b
	10	22.5 b	22.9 b	19.8 a	10.5 bc	5.1 b	0.0 b
	100	18.6 bc	27.4 a	0.0 b	4.3 c	2.4 b	0.0 b

2.4 不同生育期大麻植株根、茎和叶甲醇提取液对列当种子发芽的刺激作用

大麻不同生育期的根、茎和叶甲醇提取液刺激瓜列当种子萌发的发芽率呈现根>茎>叶。快速生长期和开花期的甲醇提取液刺激瓜列当种子萌发的发芽率表现为随稀释倍数先增高后降低的趋势,且快速生长期根、茎和叶甲醇提取液的发芽率在 10 倍稀释液最高,分别为 45.2%、48.6%及 46.2%。不同生育期的根、茎和叶的甲醇提取液刺激瓜列当种

子萌发的发芽率间存在显著差异。

大麻快速生长期和开花期的甲醇提取液刺激向日葵列当种子萌发的发芽率 10 倍稀释液>100 倍稀释液。苗期根的甲醇提取液刺激向日葵列当种子萌发的发芽率以原液最高,为 41.5%;其次为苗期的 10 倍稀释液,为 32.1%。大麻植株不同生育期不同部位甲醇提取液刺激向日葵列当种子发芽率,快速生长期发芽率整体最高(表 4)。

表 4 不同生育期大麻植株根、茎和叶甲醇提取液刺激列当种子的发芽率

Table 4 *Orobancha* seeds germination induced by methanolic extracts of *C. sativa* at different growth periods %

生育期 Growth period	稀释倍数 Dilutions	瓜列当 <i>P. aegyptiaca</i>			向日葵列当 <i>O. cumana</i>		
		根 Root	茎 Stem	叶 Leaf	根 Root	茎 Stem	叶 Leaf
苗期 Seedling	0	4.4 e	3.3 d	2.7 d	41.5 a	25.1 a	6.5 d
	10	21.5 cd	16.2 c	6.4 cd	32.1 ab	27.3 a	0.0 e
	100	18.7 d	28.2 b	17.7 c	3.9 e	2.7 b	0.7 e
快速生长期 Fast-growing	0	30.1 bc	29.1 b	31.4 b	26.1 bcd	27.7 a	21.1 b
	10	45.2 a	48.6 a	46.2 a	24.2 bcd	23.7 a	26.2 a
	100	21.2 cd	7.9 cd	6.7 cd	28.8 bc	20.8 a	10.4 cd
开花期 Flowering	0	33.7 b	29.6 b	5.6 cd	22.7 bcd	22.6 a	11.4 c
	10	35.3 b	31.3 b	5.0 cd	21.5 cd	29.0 a	17.2 b
	100	8.4 e	3.1 d	0.0 d	16.7 d	20.3 a	7.9 cd

2.5 大麻植株水提取液刺激列当种子发芽的回归分析

上述试验结果表明,大麻植株不同部位的水或甲醇提取液在刺激列当种子发芽时表现出显著差异(表 3,表 4)。研究表明瓜列当和向日葵列当种子发芽刺激物质是在根部合成,并运输到地上部,为此本研究对大麻各部位提取液刺激瓜列当和向日葵列当种子的发芽率进行了相关分析。结果表明,大麻植株水提取液刺激向日葵列当种子的发芽率根与茎、根与叶和茎与叶之间没有显著相关性。水提取液刺激瓜列当种子发芽率仅茎与叶之间存在显著相关性($R^2=0.8305, P<0.001$),而根与茎和根与叶之间没有显著性相关(表 5)。此结果可能是大麻分泌的

发芽刺激物质没被蒸馏水全部提取出来,造成总体发芽率较低。

2.6 大麻植株甲醇提取液刺激列当种子发芽的回归分析

对大麻各部位甲醇提取液刺激列当种子的发芽率进行相关分析。结果表明,大麻各部位的甲醇提取液刺激向日葵列当种子的发芽率根与茎之间存在显著相关性($R^2=0.5444, P<0.05$),甲醇提取液刺激瓜列当种子发芽率根与茎($R^2=0.8336, P<0.001$)和茎与叶($R^2=0.6001, P<0.05$)之间有显著相关性(表 6)。本研究结果进一步证明了瓜列当和向日葵列当种子发芽刺激物质是在根部合成,并向地上部运输。

表5 大麻生育期的水提取液刺激列当种子发芽的回归分析
Table 5 Correlation between *Orobanch* spp. seeds germination by aqueous extracts of *C. sativa* at whole growth period

材料 Material	相关项 Related items	回归方程 Regression equation	R^2	P	F
向日葵列当 <i>O. cumana</i>	根 Root	$y=0.9257x-2.0751$	0.4338	0.0536	5.3684
	茎 Stem				
	根 Root	$y=0.2300x-0.0668$	0.2717	0.6140	0.1500
	叶 Leaf				
	茎 Stem	$y=0.1472x+1.2770$	0.2199	0.2027	1.9748
	叶 Leaf				
瓜列当 <i>P. aegyptiaca</i>	根 Root	$y=0.4191x+3.4438$	0.3085	0.1206	3.1219
	茎 Stem				
	根 Root	$y=0.1939x+1.4391$	0.1381	0.3250	1.1205
	叶 Leaf				
	茎 Stem	$y=0.6303x-1.9968$	0.8305	0.0006	34.2652
	叶 Leaf				

表6 大麻生育期的甲醇提取液刺激列当种子发芽的回归分析
Table 6 Correlation between *Orobanch* spp. seeds germination by methanolic extracts of *C. sativa* at whole growth period

材料 Material	相关项 Related items	回归方程 Regression equation	R^2	P	F
向日葵列当 <i>O. cumana</i>	根 Root	$y=0.5601x+8.6084$	0.5444	0.0232	8.3675
	茎 Stem				
	根 Root	$y=0.0757x+9.4459$	0.0079	0.8202	1.9163
	叶 Leaf				
	茎 Stem	$y=0.5206x+0.2483$	0.2146	0.2088	1.9163
	叶 Leaf				
瓜列当 <i>P. aegyptiaca</i>	根 Root	$y=1.0662x-3.9868$	0.8336	0.0006	35.0821
	茎 Stem				
	根 Root	$y=0.7871x-3.7271$	0.6001	0.0566	5.2012
	叶 Leaf				
	茎 Stem	$y=0.7871x-3.7271$	0.6001	0.0142	10.5031
	叶 Leaf				

3 讨 论

大麻根际土和植株不同部位水和甲醇提取液可以诱导瓜列当和向日葵列当种子萌发,而无菌水和未种植大麻土壤不能刺激 2 种列当种子萌发,说明大麻根际土和植株中存在能够刺激这 2 种列当种子萌发的发芽刺激物质。相关研究表明,大麻可以被瓜列当寄生^[27],因此,大麻植株中应该存在发芽刺激物质。发芽刺激物质通过根系分泌,释放到根际土中,进而刺激列当种子萌发。本试验中,大麻根际土无法直接刺激列当发芽,但水和甲醇提取液可以刺激列当发芽。在营养胁迫条件下,植物根际分泌物的量会增加^[33]。究其原因可能是盆栽试验中,种植条件较为优越,大麻分泌到土壤中的发芽刺激物质较少。另外,大麻根际土及植株中刺激列当种子萌发具有生长时期差异性。大麻的根际土水提取液和甲醇提取液的发芽率分别在开花期和快速生长期最高。这一结果与前人相关研究结果相似。董淑琦等^[15]研究表明拔节期的小麦根际土甲醇提取液处理小列当种子的发芽率最高,郎明等^[34]研究发现二叶一心期棉花的根际土和根的甲醇提取液处理对向日葵列当种子的发芽率最高。

大麻根际土、根、茎和叶提取液刺激 2 种列当种子萌发的发芽率,甲醇提取液的发芽率高于水提取液,这与王仁君等^[35]研究不同浓度鼠尾藻组织蒸馏水和甲醇提取物对亚历山大藻生长的化感作用中,鼠尾藻组织甲醇提取液化感物质的效果优于蒸馏水的结论一致。大麻刺激列当种子萌发也同时存在部位差异性。大麻的整个生育期提取液刺激 2 种列当种子发芽率表现为根 > 茎 > 叶,说明刺激列当发芽物质主要在根部合成,并向地上部运输,该结果与 Kohlen 等^[36]的研究结果一致。

大麻水提取液的 10 倍稀释液刺激向日葵列当种子的发芽率最高,说明大麻提取液刺激向日葵列当种子萌发具有浓度效应。可以推测发芽刺激物质在稀释 10 倍后可能达到列当萌发的适合浓度。高浓度处理发芽率较低,可能是由于浓度过高产生的抑制作用,这与郎明等^[34]研究发现二叶一心期棉花根的甲醇浸提稀释 10 倍液使向日葵列当种子的发芽率最高的结果一致。

在大麻的 3 个生育期中,各部位(根、茎和叶)刺激列当种子的发芽率存在差异,其中根提取液的诱导萌发作用最强。水提取液在苗期对 2 种列当种子

的萌发刺激作用最强,甲醇提取液在快速生长期对 2 种列当种子的萌发刺激作用最强,这 2 个时期可作为“捕获”作物的最佳时期,可作为瓜列当和向日葵列当的防除期。可以在瓜列当和向日葵列当发生地栽培主栽作物前种植大麻,然后将大麻翻压,使根部释放的萌发刺激物存留耕层土壤,从而达到生物防除的目的。也可以根据当地实际情况,采用轮作的方式种植大麻,减少土壤中的列当种子库。该生物防除方法减少了农药的使用量及残留量,既保障了食品安全,又推动了经济和生态的快速发展。由于盆栽试验有其局限性,不能完全代表大田环境,并且试验中水分没有作为大麻生长的限制因子。而陕西北部地区属于干旱性地带,为此,今后还需要通过进一步试验来探究水分调控下大麻刺激列当种子萌发的内在机制,以期来指导实际的农业生产活动。

参 考 文 献

- [1] 吴海荣,强胜. 检疫杂草列当 (*Orobancha* L.) [J]. 杂草科学, 2006(2):58-60
- [2] De Zelicourt A, Letousey P, Thoiron S, et al. A sunflower defensin, induces cell death in *Orobancha* parasitic plants [J]. *Planta*, 2007, 226(3):591-600
- [3] Alejandro P, Hanan E, Jan H G, et al. Broomrape management in faba bean [J]. *Field Crops Res*, 2010, 115(3):319-328
- [4] El-Halmouch Y, Benharrat H, Thalouarn P. Effect of root exudates from different tomato genotypes on broomrape (*O. aegyptiaca*) seed germination and tubercle development [J]. *Crop Prot*, 2006, 25(5):501-507
- [5] Parker C. The resent state of the *Orobancha* problem [C]// Pieterse A H, Verkleij J A C, Ter-Borg S J. *Biology and management of Orobancha: Proceedings of the Third International Workshop on Orobancha and related Striga research*. Amsterdam, 1994:17-26
- [6] 程刚,杨勇刚. 向日葵列当防治与研究 [J]. 农村科技, 2006(9):23-24
- [7] 陈秀芳. 定边县向日葵列当发生原因及综合防治措施 [J]. 现代农业科技, 2010(15):215-217
- [8] 牛庆杰,于学鹏,李慧英,等. 向日葵抗列当材料的实验室鉴定方法 [J]. 吉林农业科学, 2010, 35(1):2-22
- [9] Linke K H, Saxena M C. Towards an integrated control of *Orobancha* spp. in some legume crops. [C]// Wegmann K, Musselman L J. *Progress in Orobancha Research*. Eberhard-Karls-Universitat, Tubingen, Germany, 1991:248-256
- [10] 张义,牛庆杰,孙敏,等. 向日葵抗列当遗传研究 [J]. 中国油料作物学报, 2006, 28(2):125-128
- [11] Echevarria-Zomeño S, Pérez-de-Luque A, Jorrín J, et al. Pre-haustorial resistance to broomrape (*Orobancha cumana*) in

- sunflower (*Helianthus annuus*): Cytochemical studies [J]. *Exp Bot*, 2006, 57(15): 4189-4200
- [12] Kliefeld Y, Goldwasser Y, Herzlinger G, et al. The effect of flax (*Linum usitatissimum* L) and other crops as trap and catch crops for control of Egyptian broomrape (*Orobanchae aegyptiaca* Pers) [J]. *Weed Res*, 1994, 34(1): 37-44
- [13] Carson A G. Studies on *Striga* in Gambia [C]//Robson T O, Broad H R. Consultation on *Striga* Control. Rome; Maroua, 1988; 37-43
- [14] Joel D M. The long-term approach to parasitic weed control: Manipulation of specific developmental mechanisms of the parasite [J]. *Crop Prot*, 2000, 19: 753-758
- [15] 董淑琦, 马永清, 税军峰, 等. 不同年代冬小麦品种根际土提取液诱导小列当种子发芽的化感作用研究 [J]. *中国农业大学学报*, 2009, 14(2): 59-63
- [16] Ma Y Q, Lang M, Dong S Q, et al. Screening of some cotton varieties for allelopathic potential on clover broomrape germination [J]. *Agron J*, 2012, 104(3): 569-573
- [17] Ma Y Q, Jia J N, Wang Z, et al. Potential of some hybrid maize lines to induce germination of sunflower broomrape [J]. *Crop Sci*, 2013, 53(1): 260-270
- [18] Zhang W, Ma Y Q, Wang Z, et al. Some soybean cultivars have ability to induce germination of sunflower broomrape [J]. *PLoS ONE*, 2013, 8(3): e59715
- [19] 张维, 马永清, 郝智强. 不同大豆品种对寄生杂草瓜列当种子萌发的诱导作用 [J]. *大豆科学*, 2012, 3(6): 956-960
- [20] Abebe G, Sahile G, and Abdel-Rahman M. Evaluation of potential trap crops on *Orobanchae* soil seed bank and tomato yield in the Central Rift Valley of Ethiopia [J]. *World J Agric Sci*, 2005, 1(2): 148-151
- [21] Parker C, Pieterse A H, Verkleij J A C, Borg S J, eds. 3rd International Workshop *Orobanchae* and Related *Striga* Research [M]. Amsterdam, Netherlands, 1994: 17-26
- [22] Hershenhorn J, Goldwasser Y, Plakhine D, et al. Role of pepper (*Capsicum annuum*) as a trap and catch crop for control of *Orobanchae aegyptiaca* and *O. cernua* [J]. *Weed Sci*, 1996, 44: 948-951
- [23] Acharya B D, Khattri G B, Chettri M K, et al. Effect of *Brassica campestris* var toria as a catch crop on *Orobanchae aegyptiaca* seed bank [J]. *Crop Prot*, 2002, 21(7): 533-537
- [24] 高志勇, 张万海. 大麻的生物学特性及应用研究概况 [J]. *毛纺科技*, 2006(6): 37-39
- [25] 张志雄. 国外工业大麻研究与产品开发的动向 [J]. *世界农业*, 2003(9): 37-40
- [26] 王玉福, 栗建光, 赵立宁. 大麻的性别分化及其分子生物学研究进展 [J]. *中国麻业*, 2006, 28(3): 117-119
- [27] Parker C. Observations on the current status of *Orobanchae* and *Striga* problems worldwide [J]. *Pest Manag Sci*, 2009, 65(5): 453-459
- [28] Slavov S B, Batchvarova R B, Valkov V T. Possibilities for obtaining resistant tobacco to *Orobanchae* spp. by chemical mutagenesis [C]//Proceedings of the 7th. International Parasitic Weed Symposium. Faculté des Sciences, Université de Nantes, Nantes, France, 2001, 6: 88-91
- [29] Mitich L W. *Orobanchae*-the broomrapes [J]. *Weed Technol*, 1993, 7: 532-535
- [30] Riley D, Barber S A. Salt accumulation at the soybean (*Glycine max* (L) Merr) root-soil interface [J]. *Soil Sci Soc Amer Proc*, 1970, 34: 154-155
- [31] Parker C, Hitchcock A M, Ramaiah K V. The germination of *Striga* species by crop root exudates; techniques for selecting resistant crop cultivars [C]//Proceedings of the Sixth Asian-Pacific Weed Science Society Conference. The Asian-Pacific Weed Science Society; Jakarta, Indonesia, 1977: 67-74
- [32] Ma Y Q, Shui J F, Inanaga S, et al. Stimulatory effects of *Houttuynia cordata* Thunb. on seed germination of *Striga hermonthica* (Del) Benth [J]. *Allelopathy J*, 2005, 15(1): 49-56
- [33] Bertin C, Yang X, Weston L A. The role of root exudates and allelochemicals in the rhizosphere [J]. *Eur J Soil Sci*, 1984, 35(3): 439-446
- [34] 郎明, 马永清, 董淑琦. 苗期棉花对向日葵列当种子萌发诱导作用初探 [J]. *生态环境学报*, 2011, 20(1): 79-83
- [35] 王仁君, 唐学玺, 孙俊华. 鼠尾藻提取物对亚历山大藻的化感效应 [J]. *应用与环境生物学报*, 2011, 17(5): 694-699
- [36] Kohlen W, Charnikhova T, Liu Q, et al. Strigolactones are transported through the xylem and play a key role in shoot architectural response to phosphate deficiency in nonarbuscular mycorrhizal host *Arabidopsis* [J]. *Plant Physiol*, 2011, 155(2): 974-987

责任编辑: 袁文业