

马铃薯对瓜列当种子萌发的化感作用研究*

王 钟¹ 马永清^{1,2,3**} 贾锦楠¹ 董淑琦³ 叶晓馨¹

(1. 西北农林科技大学林学院 杨凌 712100; 2. 中国科学院水利部水土保持研究所 杨凌 712100;
3. 西北农林科技大学资源与环境学院 杨凌 712100)

摘 要 瓜列当给瓜类等经济作物造成较大危害。本研究采用盆栽 4 个推广马铃薯品种“夏波蒂”、“青薯 168”、“冀张薯 5 号”和“克新 1 号”，以不同生长时期(幼苗期、开花期和结薯期)马铃薯根际土、根系和地上部的浸提液(甲醇和水)刺激瓜列当种子萌发，根据发芽率来判定其对瓜列当化感作用的强弱，同时筛选刺激瓜列当发芽率高的品种用于瓜列当杂草的防除。结果表明，马铃薯能刺激瓜列当种子萌发；不同马铃薯品种对瓜列当的化感作用各有差异，随着马铃薯的生长，根际土中化感物质积累不断升高，根系化感作用逐渐减弱，而地上部化感作用逐渐增强。甲醇浸提液刺激瓜列当种子发芽率高于水浸提液，即甲醇浸提液化感作用效果较好。“夏波蒂”根系甲醇浸提液刺激瓜列当种子的发芽率在幼苗期最高，为 48.5%；而地上部甲醇浸提液处理的发芽率在结薯期最高，为 51.2%。可以在瓜列当危害的农田轮作“夏波蒂”5~8 年，同时采用马铃薯秸秆还田来减少土壤中瓜列当种子库，达到防除瓜列当危害的目的。

关键词 马铃薯 瓜列当 发芽率 浸提液 生长时期 化感

中图分类号: S453; S632.90; Q946.885+9 文献标识码: A 文章编号: 1671-3990(2013)03-0333-07

Allelopathic effect of potato on *Orbanche aegyptiaca* Pers. seed germination

WANG Zhong¹, MA Yong-Qing^{1,2,3}, JIA Jin-Nan¹, DONG Shu-Qi³, YE Xiao-Xin¹

(1. College of Forestry, Northwest A & F University, Yangling 712100, China; 2. Institute of Soil and Water Conservation, Chinese Academy of Sciences and Ministry of Water Resources, Yangling 712100, China; 3. College of Natural Resources and Environment, Northwest A & F University, Yangling 712100, China)

Abstract *Orbanche aegyptiaca* is a national-class quarantine species in China which is seriously harmful to melons and other economic crops. In this study, four commercial potato varieties (“Xiabodi”, “Qingshu 168”, “Jizhangshu No.5” and “Kexin No.1”) were planted at a pot experiment, and their rhizosphere soils and plant organs (roots, stems and leaves) sampled at different growth stages (seedling, blossoming and tuber forming stages). Allelopathy potential of extracts (methanol and distilled water) of the above samples was measured in terms of germination rates of *O. aegyptiaca* seeds treated. The potatoes varieties with *O. aegyptiaca* seed high germination rates were chosen to prevent and kill off *O. aegyptiaca* seeds on croplands. The results showed that potato stimulated *O. aegyptiaca* germination, and the allelopathy potential differed with potato variety. The germination rates of *O. aegyptiaca* seeds treated with extracts of potato rhizosphere soil increased with potato growth. This suggested that potato secreted *O. aegyptiaca* germination stimulants at certain period of growth which in turn reduced *O. aegyptiaca* seed bank in the soil. At seedling stage of potato, the germination rate of *O. aegyptiaca* seeds treated with 10-fold diluted methanol extracts from potato roots was higher than those from the shoot system. Seeds treated with “Xiabodi” showed the highest germination rate (48.5%). At blossoming stage of potato, the germination rate of *O. aegyptiaca* seeds treated with 10-fold diluted methanol extracts from stems was highest, followed by those treated with root extracts and leaf extracts. Seeds treated with “Jizhangshu No.5” had the highest germination rate (33.0%). At tuber forming stage of potato, the germination rate of *O. aegyptiaca* seeds treated with 10-fold diluted methanol extracts from shoot system was higher than those from roots. Also seeds treated with “Xiabodi” gave the highest germination rate (51.2%). While the germination rate of *O. aegyptiaca* seeds treated with root extracts declined with increasing growth of potato, those treated

* 国家“十二五”科技支撑计划项目(2011BAD31B05)资助

** 通讯作者: 马永清(1963—), 男, 博士生导师, 教授, 主要从事植物化感作用及寄生植物生理生态方向的研究。E-mail: mayongqing@ms.iswc.ac.cn
王钟(1987—), 男, 硕士研究生, 主要从事生理生态方向的研究。E-mail: wangz889899@163.com

收稿日期: 2012-08-18 接受日期: 2012-11-22

with aerial part extract increased. This suggested that of *O. aegyptiaca* germination stimulants in potatoes gradually moved from the root to shoot system. The germination rate of *O. aegyptiaca* seeds induced by methanol extracts was higher than that induced by water extracts. In other words, methanol extracts had better effects as germination stimulants. Although artificially synthesized analogues had facilitated the germination of parasitic plant seeds, government protocols had limited their field application and dissemination. Other methods for controlling *O. aegyptiaca* seeds (e.g., artificial weeding, herbicide application, hybridization and transgenic method) for broomrape resistant cultivars had some disadvantages. Using potato to control *O. aegyptiaca* was therefore a promising strategy that not only reduced and eradicated parasitic weed seed deposition in soils, but also significantly reduced host broomrape damages. Root methanol extracts of “Xiabodi” at seedling stage induced higher germination rate (48.5%) of *O. aegyptiaca* seeds than other potato varieties. The parts from the shoot system at tuber formation stage also induced the highest germination rate (51.2%) of *O. aegyptiaca* seeds. Thus among the four potato varieties, “Xiabodi” had the highest allelopathic potential on *O. aegyptiaca*. Since potato was reproducible from tuber and reasonable quantities were obtainable in a short time, crop rotation was an adoptable method in areas with serious *O. aegyptiaca* damages. Specifically, “Xiabodi” has been planted for 5~8 years with returning straw to soil to not only reduce *O. aegyptiaca* seed bank in the soil, but also minimize *O. aegyptiaca* damages.

Key words Potato, *Orobanchae aegyptiaca*, Germination rate, Extract solution, Growth period, Allelopathy

(Received Aug. 18, 2012; accepted Nov. 22, 2012)

列当(*Orobanchae spp.*)是一类寄生于植物根部的列当科(*Orobanchaceae*)列当属(*Orobanchae L.*)植物的总称,为我国进境检验的对象。列当作为一种根寄生杂草,对农业生产造成了严重危害,导致世界多数国家和地区农作物减产^[1-2]。全世界有 100 多种列当属植物,主要分布于亚洲西部地区、俄罗斯的南部、地中海(埃及、叙利亚)、东欧、中美洲南部及大洋洲、非洲东部和北部等地区,我国有 23 种,主要分布于西北地区,北部、中部及西南的高海拔地区也有少量分布^[3]。列当可寄生在茄科、菊科、葫芦科、豆科、十字花科、伞形科、大麻科、亚麻科、禾本科等植物根上^[4]。其中瓜列当(*O. aegyptiaca*)、大麻列当(*O. ramosa*)、向日葵列当(*O. cumana*)、列当(*O. coerulescens*)、弯管列当(*O. cernua*)在我国引起严重危害^[5]。列当是全寄生植物,由于没有叶片,完全从寄主植物上吸取营养成分,从而对寄主造成极大危害,甚至死亡。列当的种子非常细小,粒径在 200~400 μm 之间,千粒重仅为 15~25 mg^[5]。列当种子极小且种子量多,每株能产生大约 100 万粒种子^[6],其易于粘附寄主作物种子(果实)或在根茬上传播,也能借风、水流、人畜及农具等传播,还能随寄主种子的调运而传播很远,一旦传播很难根除^[5]。列当以种子方式在土壤中越冬并能保持极强的活力,当种子落土后没有与寄主植物根部接触时,在土壤中仍能保持 5~10 年发芽力,因此,列当不仅是一种危害极大的杂草,而且是一种具有长期危害的寄生杂草^[7]。我国新疆是瓜列当分布和危害严重的地区,其对甜瓜、西瓜和番茄可造成半成以上的减产^[8-9]。由于瓜列当根寄生的特性,它对寄主的危害主要发生在出苗之前的地下生长时期,因此常见的人力拔除(伤害寄主根系)和农药等除草方式几乎不起作用,造成在新疆当地无法有效防除而严重影响农业生产^[10-11]。

马铃薯(*Solanum tuberosum*)是茄科茄属一年生

草本植物,作为一种粮菜兼用的作物,在世界的产量仅次于水稻、小麦、玉米居第四位。其在我国的农业生产中也占有重要地位。随着转基因植物与植物生物反应器研究的不断扩展与深入,马铃薯因具有易生长、生物量大、生育期短等特点,块茎便于贮藏和运输,可以通过无性繁殖快速获得大量的转基因植株,在疫苗生产中有一定的潜能,已经备受科学工作者的关注^[12-14]。马铃薯为连作敏感型植物,在连作条件下使土壤微生物、土壤酶活性、土壤养分、植株生长发育等产生变化^[15-16]。马铃薯可以对其他作物产生抑制或促进作用,它会抑制番茄等的生长,而与白菜、甜玉米等间作生长良好^[17]。

实行合理轮作倒茬,进行多年轮作制是防治列当的重要措施。针对列当种子在土壤中可保持 5~10 年的生命力这一实际情况,可与田菜以及其他不易被列当感染的禾本科作物进行 5~10 年的轮作,以防止列当的危害^[18]。在列当危害发生区,居民常以轮作倒茬的方式来降低列当造成的危害,这样就形成了在旱地上进行向日葵-谷子-马铃薯-胡麻-荞麦-糜子-马铃薯-谷子-向日葵,以及向日葵-糜子-马铃薯-大豆-谷子-马铃薯-荞麦-燕麦-向日葵等轮作种植方式^[19]。目前,国内马铃薯对列当化感作用的研究还未见报道。本研究采用盆栽马铃薯的方法,通过比较不同时期和不同部位的马铃薯浸提液(水和甲醇)对列当种子萌发的刺激作用大小,为列当危害的防治提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料

供试 4 个马铃薯品种分别为“夏波蒂”(“Xiabodi”,简称为 XBD)、“青薯 168”(“Qingshu 168”,简称为 QS)、“冀张薯 5 号”(“Jizhangshu No.5”,简称为 JZS)、“克新 1 号”(“Kexin No.1”,简称为 KX)。马铃薯块茎

购于宁夏回族自治区固原市天启薯业有限公司。

瓜列当种子采集于新疆生产建设兵团农十二师五一农场, 瓜列当种子发芽标准刺激物质(GR24)由荷兰 Binne Zwanenburg 教授提供。

1.2 试验方法

1.2.1 瓜列当种子的预培养

将瓜列当种子先用 1% 的次氯酸钠溶液消毒 3 min, 然后用无菌水冲洗干净, 75% 的酒精消毒 3 min, 无菌水冲洗至无色为止, 超净工作台内晾干备用。

为彻底打破瓜列当种子的休眠, 需要对其进行温湿环境下的预培养。在直径 9 cm 的培养皿内铺一层滤纸, 加入 5 mL 无菌水, 然后将直径约 5 mm 的玻璃纤维滤片(Whatman GF/A)均匀铺在滤纸上。将消过毒的种子均匀撒在玻璃纤维滤片上, 每片约 20~40 粒种子, 培养皿用 Parafilm 封口膜封口, 放置在 25 °C 的恒温培养箱中培养 3~4 d。

1.2.2 马铃薯盆栽与采样

盆栽试验在中国科学院水利部水土保持研究所固原生态试验站院内进行。将不同品种马铃薯种植于高 25 cm、直径 20 cm 的火箭盆中, 每盆种植带 2~3 个芽眼的块茎, 种植土壤沙土比为 1:1, 同时以不种马铃薯的盆栽土壤为对照土。分别在幼苗期、开花期和结薯期采集马铃薯的根际土和植株, 将马铃薯地上部和根系分开(开花期地上部分为茎和叶), 低温冻干机冻干, 中草药粉碎机粉碎后过 0.25 mm 筛, 每个品种在不同时期取样设置 3 个重复。

1.2.3 马铃薯根际土水和甲醇浸提液刺激瓜列当种子发芽试验

称取采集距马铃薯根系 5 mm 的根际土 5 g 于三角瓶中, 加入蒸馏水 10 mL, 超声振荡 30 min 后过滤, 得到的滤液为原液, 将原液稀释 3 个浓度梯度, 分别为原液、稀释 10 倍、稀释 100 倍, 每个浓度做 3 个重复。将 3 种浓度的稀释液 20 μ L 加在带有预培养瓜列当种子的玻璃纤维滤片上, 同时以 1 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 的 GR24 处理, 对照土的水浸提液和甲醇浸提液处理作为发芽对照, 之后用 Parafilm 封口膜将培养皿密封, 放在 25 °C 恒温培养箱内避光培养 12 d, 然后在 20 \times 16 倍的体视显微镜下观察并统计瓜列当种子的发芽率。

以甲醇替换蒸馏水, 为了防止甲醇对列当种子萌发的抑制作用, 不同的步骤是: 首先把无菌玻璃纤维滤片摆放在培养皿内, 将原液和稀释液 40 μ L 加在玻璃纤维滤片上, 放置 30 min 使甲醇充分挥发, 然后将带有瓜列当种子的玻璃纤维滤片放在甲醇挥发彻底的玻璃纤维滤纸上, 再在双层玻璃纤维滤片上加入 40 μ L 无菌水, 其余步骤和水浸提液的相同。

1.2.4 马铃薯植株样水和甲醇浸提液刺激瓜列当种子发芽试验

称取马铃薯植株样(根和地上部)0.1 g 于 1.5 mL 的离心管中, 加入 1 mL 无菌水或甲醇, 超声 30 min 后用 6 400 $\text{r}\cdot\text{min}^{-1}$ 离心机离心 2 min, 得到上清的植株样品浸提液原液, 稀释和种子发芽试验方法同根际土水和甲醇浸提液试验方法相同。同时以 1 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 的 GR24、蒸馏水和甲醇处理作为对照。

2 结果与分析

对照水和甲醇处理瓜列当种子发芽率均为 0, 用列当标准发芽刺激物(GR24, 1 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)处理瓜列当的发芽率在 80%~95%, 说明瓜列当种子必须在刺激物质作用下才能发芽, 同时瓜列当种子活力较强, 可以用于发芽试验。

2.1 幼苗期马铃薯根际土和植株样刺激瓜列当种子发芽试验

4 个品种马铃薯幼苗期根际土浸提液刺激瓜列当发芽率较低, 最高发芽率不到 6%, 且品种间差异不显著(数据未列出)。

各品种马铃薯幼苗期植物样甲醇和水浸提液都可以刺激瓜列当种子发芽。相同处理下甲醇浸提液刺激瓜列当发芽率要高于水浸提液。各品种马铃薯地上部和根部甲醇浸提液稀释 10 倍和 100 倍后能刺激瓜列当发芽, 而原液不能, 说明原液中瓜列当的萌发刺激物质含量较高而没有达到列当种子发芽浓度范围。根部甲醇浸提液稀释 10 倍液刺激瓜列当的发芽率高低顺序为: “夏波蒂”>“克新 1 号”>“青薯 168”>“冀张薯 5 号”, 最高发芽率为 48.5%。稀释 100 倍液刺激瓜列当种子发芽的作用下降。地上部甲醇提取液稀释 10 倍液刺激瓜列当种子的发芽率最高的是“克新 1 号”, 4 个品种处理间差异显著($P<0.05$)。地上部浸提液稀释 100 倍后, “夏波蒂”、“青薯 168”和“冀张薯 5 号”浸提液刺激瓜列当种子的发芽率比 10 倍液高(图 1A)。根部水浸提液稀释 10 倍后, 瓜列当发芽率在 5% 左右, “夏波蒂”地上部 10 倍稀释液刺激瓜列当发芽率最高, 为 12.6%, 稀释 100 倍后均不能刺激瓜列当发芽(图 1B)。

2.2 开花期马铃薯根际土和植株样刺激瓜列当种子发芽试验

马铃薯开花期根际土浸提液刺激瓜列当种子发芽率相对幼苗期有所提高, 但是各处理发芽率仍然不高, 最高发芽率是“冀张薯 5 号”水浸提液的 100 倍稀释液, 为 5.3%(数据未列出)。

马铃薯开花期植物样甲醇浸提液原液不能刺激瓜列当种子发芽。稀释 10 倍后, 根部浸提液刺激瓜

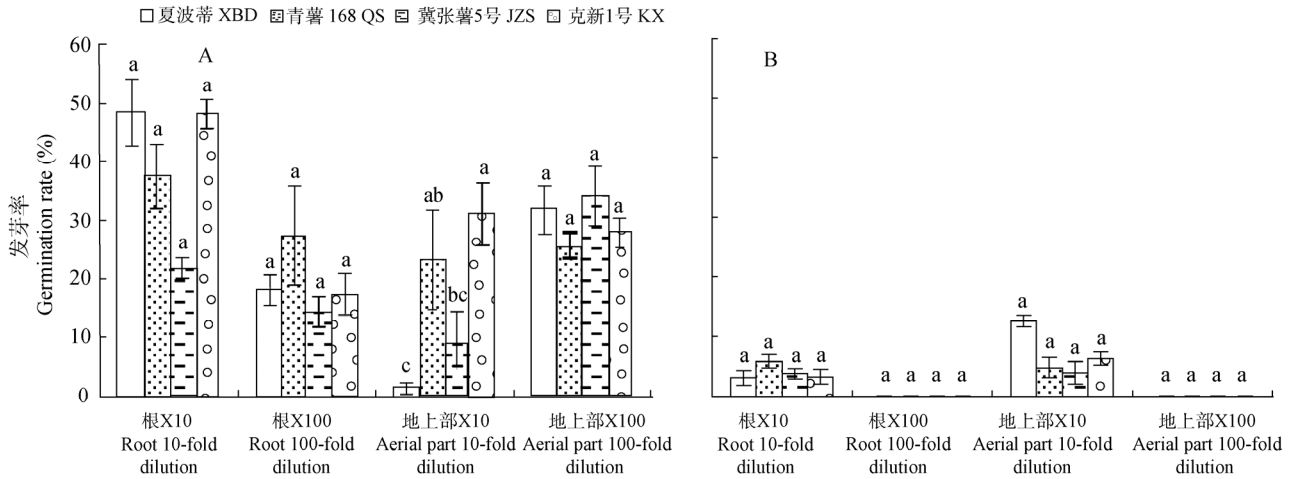


图 1 不同品种马铃薯幼苗期植物样甲醇(A)和水(B)浸提液对瓜列当发芽率的影响

Fig. 1 Effects of methanolic (A) and distilled water (B) extracts of potato plant of different varieties at seedling stage on *O. aegyptiaca* germination

不同小写字母表示处理间差异显著($P < 0.05$); X代表原液, X10代表10倍稀释液, X100代表100倍稀释液;原液(X)处理发芽率为0,图中未列出;下同。Different small letters mean significant difference among different treatments at 0.05 level. X represents undiluted solution, X10 represents 10-fold dilution, X100 represents 100-fold dilution. The germination rate (0%) of undiluted solution treatment is not listed. XBD: "Xiabodi"; QS: "Qingshu 168"; JZS: "Jizhangshu No.5"; KX: "Kexin No.1". The same below.

列当的发芽率高低顺序为:“青薯 168”>“克新 1 号”>“夏波蒂”>“冀张薯 5 号”,最高发芽率为 26.9%;茎部浸提液刺激瓜列当种子发芽率最高的是“冀张薯 5 号”,为 33.0%;而叶浸提液刺激作用最高的是“青薯 168”。浸提液稀释 100 倍后,“夏波蒂”、“青薯 168”和“克新 1 号”根部浸提液刺激瓜列当的发芽率降低,而“冀张薯 5 号”比 10 倍稀释液高;茎部浸提液刺激瓜列当种子的发芽率比 10 倍稀释液略低,而叶浸提液刺激作用比 10 倍略高(图 2A)。

马铃薯开花期植物样水浸提液原液不能刺激瓜列当种子发芽。稀释 10 倍后,根部浸提液刺激瓜列当种子的发芽率最高的品种为“冀张薯 5 号”;茎和叶部刺激瓜列当种子的发芽率最高的是“克新 1 号”,分别为 13.2%和 11.6%,4 个品种茎部浸提液处理间差异显著($P < 0.05$);稀释 100 倍后,各品种根部浸提液比 10 倍稀释液刺激瓜列当种子的发芽率略高,而茎和叶的刺激作用比 10 倍稀释液高(图 2B)。

2.3 结薯期马铃薯根际土和植株样刺激瓜列当种子发芽试验

马铃薯结薯期根际土浸提液刺激瓜列当种子发芽率相对开花期升高,说明马铃薯根部可以持续分泌瓜列当的发芽刺激物质到土壤中。对照土的甲醇和无菌水处理的发芽率为 0。甲醇和水的浸提液稀释 10 倍液刺激瓜列当种子发芽率高于原液和 100 倍稀释液,“冀张薯 5 号”和“克新 1 号”水浸提液稀释 10 倍后刺激瓜列当种子发芽率均超过 15%(表 1)。

各品种马铃薯结薯期植物样甲醇浸提液刺激瓜列当发芽率比水浸提液高。根部甲醇浸提液原液可以刺激瓜列当发芽,由于发芽刺激物质表现出高浓

度抑制低浓度促进现象,说明结薯期马铃薯根部浸提液中的发芽刺激物质较低。稀释 10 倍和 100 倍后,“夏波蒂”、“青薯 168”和“克新 1 号”刺激瓜列当的发芽率升高,而“冀张薯 5 号”刺激瓜列当的发芽率逐渐降低,说明“冀张薯 5 号”根部提取液原液已达到对瓜列当种子发芽的最佳刺激作用。地上部甲醇浸提液原液不能刺激瓜列当种子发芽,稀释 10 倍后刺激瓜列当的发芽率高低顺序为:“夏波蒂”>“克新 1 号”>“青薯 168”>“冀张薯 5 号”,最高发芽率为 51.2%,稀释 100 倍后,“克新 1 号”、“青薯 168”和“冀张薯 5 号”刺激瓜列当发芽率比 10 倍稀释液略高而“夏波蒂”比 10 倍稀释液低(图 3A)。

马铃薯结薯期植物样水浸提液原液不能刺激瓜列当种子发芽。根部水浸提液稀释 10 倍液刺激瓜列当的发芽率均在 10%左右,且品种间没有差异显著性;稀释 100 倍后,“夏波蒂”、“青薯 168”和“冀张薯 5 号”刺激瓜列当的发芽率比 10 倍稀释液高而“克新 1 号”略降低,其中“青薯 168”处理发芽率最高,为 20.0%。地上部水浸提液稀释 10 倍后刺激瓜列当的发芽率最高的品种为“青薯 168”,且 4 个品种处理间差异显著($P < 0.05$)。稀释 100 倍后各品种浸提液刺激瓜列当发芽率略高于 10 倍稀释液(图 3B)。

3 结论与讨论

马铃薯根际土、根系和地上部蒸馏水和甲醇浸提液均可以刺激瓜列当种子发芽,说明马铃薯对瓜列当存在化感作用。甲醇浸提液刺激瓜列当发芽率要高于水浸提液,即甲醇浸提马铃薯化感作用效果高于水浸提。王仁君等^[20]在研究不同浓度鼠尾藻组

□夏波蒂 XBD ◻青薯 168 QS ◻冀张薯5号 JZS ◻克新1号 KX

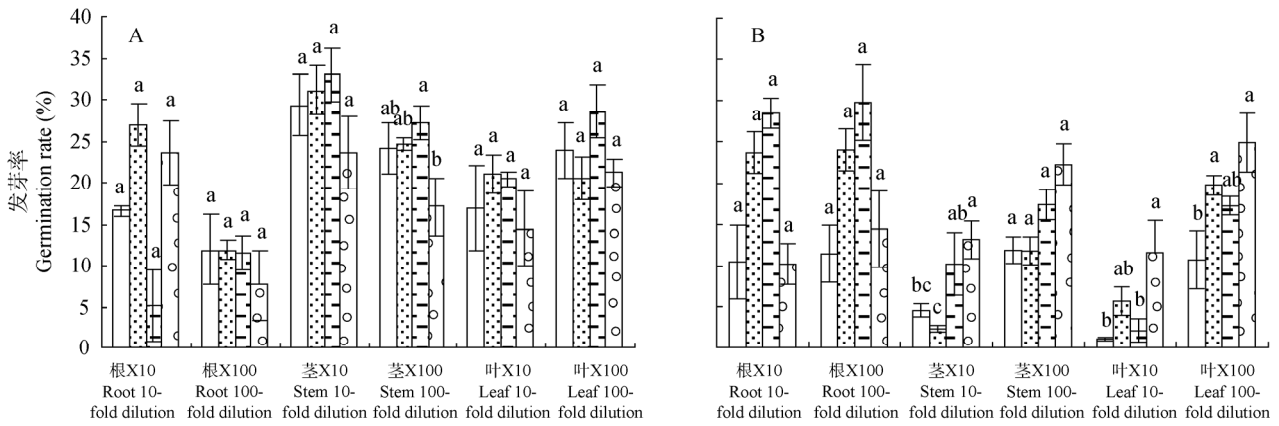


图 2 不同品种马铃薯开花期植物样甲醇(A)和水(B)浸提液对瓜列当发芽率的影响

Fig. 2 Effects of methanolic (A) and distilled water (B) extracts of potato plant of different varieties at blossom stage on *O. aegyptiaca* germination

表 1 马铃薯结薯期根际土浸提液对瓜列当发芽率的影响

Table 1 Effects of potato rhizosphere soil extracts at tuber formation stage on *O. aegyptiaca* germination %

品种 Variety	原液 Undiluted solution		10 倍稀释液 10-fold dilution		100 倍稀释液 100-fold dilution	
	甲醇 Methanol	水 Distilled water	甲醇 Methanol	水 Distilled water	甲醇 Methanol	水 Distilled water
夏波蒂 Xiabodi	1.4a	0.4c	2.9a	2.2b	1.8ab	2.0b
青薯 168 Qingshu168	4.2a	3.1bc	5.3a	5.6b	6.1a	11.2a
冀张薯 5 号 Jizhangshu No.5	2.9a	9.2a	2.8a	15.3a	1.2b	7.1ab
克新 1 号 Kexin No.1	4.9a	7.3ab	6.8a	15.1a	4.5ab	13.0a
CK	0	0	0	0	0	0

□夏波蒂 XBD ◻青薯 168 QS ◻冀张薯5号 JZS ◻克新1号 KX

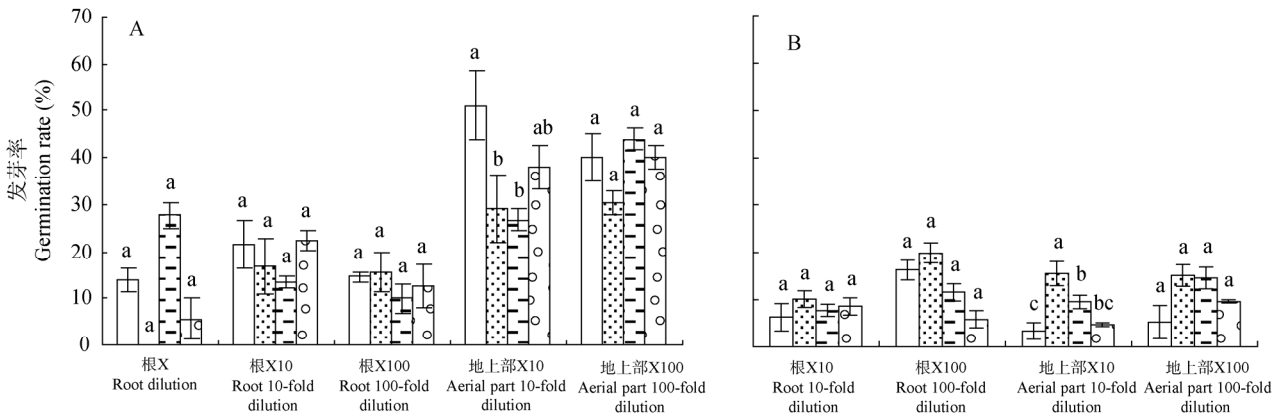


图 3 不同品种马铃薯结薯期植物样甲醇(A)和水(B)浸提液对瓜列当发芽率的影响

Fig. 3 Effects of methanolic (A) and distilled water (B) extracts of potato plant of different varieties at tuber formation stage on *O. aegyptiaca* germination

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物对亚历山大藻生长的抑制作用最强, 即甲醇提取化感物质的效果比蒸馏水好。

从不同品种马铃薯根际土浸提液刺激瓜列当种

子发芽试验结果可以看出, 各时期浸提液对瓜列当种子萌发的刺激作用都处于较低水平, 考虑到宁夏固原中国科学院固原生态试验站地区的土壤类型为水土流失严重的黄绵土^[21], 加上拌土沙子粒径比较大和天气干燥, 造成马铃薯的种植土壤基质空隙大

且不易保水,根系分泌物易被氧化而失去作用。3个时期马铃薯根际土浸提液刺激瓜列当发芽率呈现逐步升高的趋势,表明一定时间的马铃薯种植有持续分泌瓜列当萌发刺激物质而降低土壤中瓜列当种子库的潜能。

马铃薯幼苗期甲醇浸提液(稀释 10 倍)刺激瓜列当发芽率根系高于地上部,“夏波蒂”处理发芽率最高,为 48.5%;开花期甲醇浸提液(稀释 10 倍)刺激瓜列当发芽率茎>根>叶,“冀张薯 5 号”处理发芽率最高,为 33.0%;结薯期甲醇浸提液(稀释 10 倍)刺激瓜列当发芽率地上部高于根系,“夏波蒂”处理发芽率最高,为 51.2%。“夏波蒂”在 4 个品种中对瓜列当种子萌发刺激作用最强。以“夏波蒂”品种为例,根系化感作用在 3 个生育期强弱顺序为幼苗期>开花期>结薯期,地上部化感作用强弱顺序为结薯期>开花期>幼苗期。根系浸提液的发芽率随马铃薯的生长呈下降趋势,而地上部呈上升趋势,说明在马铃薯中萌发刺激物质是由根部逐渐向地上部运输,并滞留在地上部。此结果与马永清等^[22]在研究棉花化感物质的迁移及在地上部位滞留的结论一致。

目前已经有以棉花和向日葵等作物为材料对列当化感作用的研究,通过作物本身和根系分泌物减少土壤中列当种子的数量,从而降低列当的危害^[23-24]。由于马铃薯利用块茎繁殖,在短期内就可以得到大量植株,因此在瓜列当严重危害的地区,可以采用轮作倒茬的方式,种植“夏波蒂”品种 5~8 年,这样可以诱发列当种子萌发后找不到寄主根系,缺乏营养物质供给而死去;同时也可以把收获后的“夏波蒂”秸秆粉碎后覆盖农田,在其自然腐解过程中也可刺激瓜列当种子发芽,从而达到“诱杀”效果。在本研究中,虽然在有的时期各品种处理刺激瓜列当种子发芽率之间没有显著差异,但是可以运用本试验的方法,通过地上部或者地下部的植物样品来筛选诱导列当发芽率高的品种,进而应用到列当防除工作中去。由于人工除草和使用除草剂防止列当发生还存在一定弊端,而人工合成的 GR24 类似物代价昂贵,还需取得官方登记和在田间推广应用等一系列程序,故仍存在问题^[25-26],鉴于马铃薯无性繁殖的特点,可以进行快速生长和繁殖,对其进行合理的轮作倒茬,不失为一种有效而且无污染的生物防治列当危害的方法。

参考文献

[1] Alcántara E, Morales-García M, Diaz-Sánchez J. Effects of

broomrape parasitism on sunflower plants: Growth, development, and mineral nutrition[J]. Journal of Plant Nutrition, 2006, 29(7): 1199-1206

- [2] Sauerborn J, Buschmann H, Ghiasi K G, et al. Benzothiadiazole activates resistance in sunflower (*Helianthus annuus*) to the root-parasitic weed *Orobancha cumana*[J]. Phytopathology, 2002, 92(1): 59-64
- [3] 张志耘. 中国植物志(第 69 卷)[M]. 北京: 科学出版社, 1990: 97
- Zhang Z Y. Flora of China (vol. 69)[M]. Beijing: Science Press, 1990: 97
- [4] 张金兰, 蒋青. 菟丝子属和列当属杂草重要种的寄主和分布[J]. 植物检疫, 1994, 8(2): 69-73
- Zhang J L, Jiang Q. The host and distribution of major species of *Cuscuta* L. and *Orobancha* L. weeds[J]. Plant Quarantine, 1994, 8(2): 69-73
- [5] 吴海荣, 强胜. 检疫杂草列当(*Orobancha* L.)[J]. 杂草科学, 2006(2): 58-60
- Wu H R, Qiang S. Quarantine weeds broomrape (*Orobancha* L.)[J]. Weed Science, 2006(2): 58-60
- [6] Pieterse A H. The broomrape (*Orobanchaceae*): A review[J]. Abstract Tropical Agriculture, 1979, 5: 9-35
- [7] 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): 21-22
- Niu Q J, Yu X P, Li H Y, et al. Identification of resistance to broomrape of sunflower in lab[J]. Journal of Jilin Agricultural Sciences, 2010, 35(1): 21-22
- [8] Parker C. The resent state of the *Orobancha* problem, in biology and management of *Orobancha*, proceedings of the third international workshop on *Orobancha* and related *Striga* research[M]//Pieterse A H, Verkleij J A C, ter Borg S J. Royal Tropical Institute. Amsterdam, 1994: 17-26
- [9] 黄建中, 李扬汉. 检疫性寄生杂草列当及其防除与检疫[J]. 杂草科学, 1994(4): 7-9
- Huang J Z, Li Y H. Quarantined parasitic weeds broomrape, as well as control and quarantine[J]. Weed Science, 1994(4): 7-9
- [10] Eizenberg H, Shtienberg D, Silberbush M, et al. A new method for in-situ monitoring of the underground development of *Orobancha cumana* in sunflower (*Helianthus annuus*) with a mini-rhizotron[J]. Annals of Botany, 2005, 96(6): 1137-1140
- [11] 支金虎, 段黄金, 赵书珍, 等. 瓜列当发芽诱导植物的筛选及寄生关系研究[J]. 西南农业学报, 2011, 24(3): 959-965
- Zhi J H, Duan H J, Zhao S Z, et al. Selection of inducimental plant of *Orobancha aegyptiaca* germination and its parasitic relation[J]. Southwest China Journal of Agricultural Sciences, 2011, 24(3): 959-965
- [12] De Block M. Genotype-independent leaf disc transformation of potato (*Solanum tuberosum*) using *Agrobacterium tumefaciens*[J]. Theoretical and Applied Genetics, 1988, 76(5):

767-774

- [13] Dale P J, Hampson K K. An assessment of morphogenic and transformation efficiency in a range of varieties of potato (*Solanum tuberosum* L.)[J]. Euphytica, 1995, 85(1/3): 101-108
- [14] 双宝, 吕文河. 马铃薯基因转化的研究进展[J]. 马铃薯杂志, 1996, 10(1): 49-54
Shuang B, Lv W H. The research progress of potato gene transformation[J]. Chinese Potato Journal, 1996, 10(1): 49-54
- [15] 彭绍峰, 赵爱菊, 张春强, 等. 应用抗重茬药剂克服马铃薯连作障碍试验初报[J]. 农业科技通讯, 2010(1): 44-45
Peng S F, Zhao A J, Zhang C Q, et al. Preliminary report of applying cropping pharmacy to overcome potato continuous cropping obstacles[J]. Bulletin of Agricultural Science and Technology, 2010(1): 44-45
- [16] 马琨, 张丽, 杜茜, 等. 马铃薯连作栽培对土壤微生物群落的影响[J]. 水土保持学报, 2010, 24(4): 229-233
Ma K, Zhang L, Du Q, et al. Effect of potato continuous cropping on soil microorganism community structure and function[J]. Journal of Soil and Water Conservation, 2010, 24(4): 229-233
- [17] Brenda Little. Companion in planting in Australia[M]. Balgowlah: Reed Books Pty Ltd, 1984
- [18] 胡建芳, 马红红. 隰县向日葵列当发生成因及其防治技术初探[J]. 运城学院学报, 2004, 22(5): 32-33
Hu J F, Ma H H. Primary Study on causes and control techniques of sunflower broomrape in Xi County[J]. Journal of Yuncheng University, 2004, 22(5): 32-33
- [19] 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
Chen X F. Cause and comprehensive control measures for *Orobanche cumana* Wallr in Dingbian County[J]. Modern Agricultural Sciences and Technology, 2010(15): 215, 217
- [20] 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
Wang R J, Tang X X, Sun J H. Allelopathic effects of *Sargassum thunbergii* extracts on red tide microalga *Alexandrium tamarense*[J]. Chinese Journal of Applied & Environmental Biology, 2011, 17(5): 694-699
- [21] 张秀珍, 刘秉儒, 詹硕仁. 宁夏境内 12 种主要土壤类型分布区域与剖面特征[J]. 宁夏农林科技, 2011, 52(9): 48-50, 63
Zhang X Z, Liu B R, Zhan S R. Distribution areas and section features of 12 major agrotypes in inside Ningxia[J]. Ningxia Journal of Agriculture and Forestry Science and Technology, 2011, 52(9): 48-50, 63
- [22] Ma Y Q, Lang M, Dong S Q, et al. Screening of some cotton varieties for allelopathic potential on clover broomrape germination[J]. Agronomy Journal, 2012, 104(3): 569-574
- [23] 任祥祥, 马永清, 郎明, 等. 向日葵抗列当种质资源鉴定与筛选的新方法[J]. 江苏农业科学, 2012, 40(1): 107-109
Ren X X, Ma Y Q, Lang M, et al. New methods on identification and screening of sunflower germplasm resources with resistance to broomrape[J]. Jiangsu Agricultural Sciences, 2012, 40(1): 107-109
- [24] 郎明, 马永清, 董淑琦, 等. 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
Lang M, Ma Y Q, Dong S Q, et al. Allelopathic effect of cotton in seedling stage on sunflower broomrape[J]. Ecology and Environmental Sciences, 2011, 20(1): 79-83
- [25] 宋文坚, 金宗来, 曹栋栋, 等. 寄生植物种子萌发特异性及其与寄主的识别机制[J]. 应用生态学报, 2006, 17(2): 335-339
Song W J, Jin Z L, Cao D D, et al. Seed germination characteristics of parasitic plant and its host recognition mechanisms[J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2006, 17(2): 335-339
- [26] Wegmann K. Control of broomrape by germination stimulants[C]//Rubiales D, Wegmann K, Riches C H, eds. Proceedings to the Meeting "Integrated Control of Broomrape". Obermarchtal. 2002: 23