

王 靖, 崔 超, 李亚珍, 等. 全寄生杂草向日葵列当研究现状与展望[J]. 江苏农业科学, 2015, 43(5): 144–147.

doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2015.05.048

# 全寄生杂草向日葵列当研究现状与展望

王 靖, 崔 超, 李亚珍, 邸 娜, 王海燕

(河套学院农学系, 内蒙古巴彦淖尔 015000)

**摘要:**向日葵列当是根部全寄生杂草, 从寄主体内获取生存繁殖所需的全部营养物质, 轻者造成寄主减产, 重者导致寄主死亡。通过农业栽培措施、化感作用、化学药剂防治、生物防治、选育抗列当品种等措施可在一定程度上减轻向日葵列当的危害。结合生产实际, 总结了向日葵列当的危害、生物学特性、特殊生活史、防除策略等内容, 并对当前向日葵列当急需研究的问题进行了展望, 以期尽快解决向日葵列当防除这一世界难题提供思路 and 参考。

**关键词:**向日葵列当; 生物学特性; 防除对策; 研究展望

**中图分类号:** S451 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2015)05-0144-04

向日葵是集食用、油用与观赏价值于一身的多用途经济作物, 葵花籽营养丰富, 富含亚油酸、多种维生素和微量元素, 不含胆固醇。由于向日葵耐贫瘠、耐盐碱、抗干旱、适应性强、管理简便、效益高, 近年来种植面积不断增加。内蒙古是全国最大的向日葵主产区, 年种植面积、总产量均居全国首位。巴彦淖尔市是内蒙古乃至全国最大的向日葵生产地级市, 向日葵已成为该地区的支柱产业, 年种植面积达 30 余万  $\text{hm}^2$ , 产量占全国总产量的 40%, 农民收入的 30% 来自向日葵生产。

自 1959 年黑龙江省肇州县发现向日葵列当<sup>[1]</sup>以来, 随着向日葵大面积连作、引种混乱、管理粗放、种子频繁调运、贸易流通, 导致列当在全国各向日葵种植地发生和危害程度逐年加重, 单株向日葵上的列当寄生量严重加大, 特别是内蒙古河套地区河滩地的向日葵田。经调查, 向日葵上寄生的列当种类主要为向日葵列当。2006 年巴彦淖尔市的向日葵列当仅零星发生, 到 2014 年该市向日葵生产田列当重发地块面积已达 40% 左右, 平均寄生率在 70% 以上(最高达 100%), 造成向日葵产量损失 25%~40%, 甚至绝收。若不采取措施加以防治, 今后内蒙古乃至全国向日葵主产区将难以种植向日葵, 直接导致中国的向日葵产业崩溃。

## 1 向日葵列当的危害

列当是一种寄生于其他植物根部的全寄生杂草, 在我国内蒙古、新疆、山西、黑龙江、吉林、辽宁、河北、陕西、青海、山东等地均有分布, 主要寄生在向日葵、番茄、烟草和瓜类作物上。发生的列当种类主要有向日葵列当(*Orobancha cumana* Wallr.)、瓜列当(埃及列当)(*O. aegyptiaca* Pers.)、分枝列当(大麻列当)(*O. ramosa* L.)和列当(*O. coerulescens* Steph.)<sup>[2]</sup>。各列当种类一般只侵染固定寄主植物。

向日葵列当较易在向日葵上寄生, 是限制向日葵产量的

重要因素, 对占世界向日葵总产量 50% 的地中海地区(西班牙、土耳其、法国等)、东欧(俄罗斯、匈牙利、罗马尼亚、塞尔维亚、乌克兰、捷克、斯洛伐克等)、美国和中国的向日葵生产造成极大威胁。向日葵列当在内蒙古自治区的巴彦淖尔市、通辽市、赤峰市、呼和浩特市、包头市、乌兰察布市、鄂尔多斯市、兴安盟等多个盟市均有发生和危害<sup>[3]</sup>。向日葵列当在向日葵现蕾期(播种后 35~45 d)开始出土, 开花期(播种后 60~75 d)大量出土。寄生越早、越多(寄生 5 株以上就明显减产), 危害越大。在现蕾期寄生时, 造成植株矮小, 影响花盘形成, 严重者则萎蔫死亡; 在成株期被向日葵列当寄生, 向日葵养分被消耗, 导致生长缓慢、花盘缩小、结实率低、空瘪粒增多、含油量降低、产量下降、品质变差。

## 2 向日葵列当的特点

向日葵列当由于没有叶片不能进行光合作用, 完全靠从寄主根部吸取营养而存活, 从而影响寄主的产量和品质, 甚至导致寄主死亡。传统的除杂草方法对其很难奏效, 防治向日葵列当已成为世界性难题。其原因有:

(1) 向日葵列当繁殖能力惊人。每株可产生大量(约 10 万粒)小如尘土的种子(直径 200~400  $\mu\text{m}$ , 千粒质量仅有 15~25 mg), 易于传播。

(2) 向日葵列当生命力极强。种子多分布在 5~10 cm 耕作层内, 在土壤中保持生活力达 10 年之久。

(3) 向日葵列当发生期参差不齐, 危害期长。如向日葵列当在条件适宜时从 7 月初至 9 月均可发芽、出土、现蕾、开花、结实(自下而上顺序成熟)。每株列当历经发芽至种子成熟整个过程需要 28~30 d。

(4) 向日葵列当初期危害隐蔽。其种子的地下部萌发阶段不易发现, 而当在地面上观察到向日葵列当时, 已对寄主造成了危害, 早期防控比较困难。

(5) 向日葵列当群体数量庞大。单株向日葵寄生向日葵列当可达 30 株, 严重地块每株寄主最多可寄生向日葵列当 200 余株, 产量损失巨大。

(6) 向日葵列当顶土能力强大。由于其具有肉质茎(较粗壮), 可顶膜而出, 生产上常用地膜对其不起作用。

收稿日期: 2015-01-08

基金项目: 内蒙古巴彦淖尔市科技创新基金; 河套学院引进人才科研启动项目(编号: HYRC2014001)。

作者简介: 王 靖(1984—), 女, 河南卫辉人, 博士, 讲师, 主要从事植物病害综合防控技术研究。E-mail: 304081257@qq.com。

### 3 向日葵列当的形态

向日葵列当属列当科 (Orobanchaceae), 是一年生草本科寄生植物。向日葵列当在土中发芽后, 初期为小块茎状, 成株后呈圆柱状, 株高一般在 20 ~ 50 cm (有的高达 80 cm 以上), 茎围 1.5 ~ 5.0 cm (有的粗达 10 cm 以上)。向日葵列当肉质、单生直立、茎不分枝、黄褐色, 基部常增粗 (呈球形、棍棒形)。叶退化为鳞片状 (三角形), 在茎上呈螺旋状排列, 没有根和叶绿素, 以短须状假根侵入寄主根组织内获取营养。两性花 (穗状花序), 花为蓝紫色或米黄色, 每株着生 40 ~ 70 朵花 (多者达百余朵)。花萼钟状, 花冠长 1.0 ~ 2.2 cm, 花药、子房卵形 (无毛)。蒴果长圆形, 3 ~ 4 纵裂, 干后呈深褐色。向日葵列当种子细小 (0.25 mm × 0.3 mm 左右)、形状多变 (不规则形), 初为黄色 (柔软), 成熟后黑褐色 (坚硬)、粉末状, 种皮具纵横网纹<sup>[4]</sup>。

### 4 向日葵列当的生活史与发生规律

向日葵列当靠种子 (小似粉尘) 越冬, 其种子易黏附在寄主种子、果实或根茬上进行传播, 也能借风力、雨水、水流、人畜及农业器具等进行传播。向日葵列当的生活史特殊, 包括种子萌发出长出纤细的芽管 → 芽管靠趋根性生长并接触寄主根部 → 接触部位形成吸器侵入寄主根部成功寄生 → 从寄主体内夺取养分进行地下部生长 → 向日葵列当快速生长形成肉质嫩茎 (生有数个须状假根) 顶土而出 → 向日葵列当大量开花结实 → 向日葵列当成熟后, 整株呈干枯状, 并将种子弹射出去传宗接代 → 成熟种子还需在土壤中完成后熟阶段<sup>[5]</sup>。

向日葵列当的发芽需要适宜的温度 (15 ~ 25 ℃)、湿度 (相对湿度 70% ~ 80%)、黑暗 (持续光照抑制列当萌发)、碱性环境 (pH 值 < 6.5 时, 列当发生轻), 以及发芽刺激物质<sup>[6-7]</sup>。土壤缺氮或缺磷等逆境环境下, 寄主植物分泌的发芽刺激物质含量会大大增加。室内进行萌发试验前, 需对向日葵列当种子进行预培养 (在适宜的温湿度条件下, 向日葵列当种子吸水膨胀后发芽刺激物才起作用)。湿度过大时 (如土壤长时间处于饱和持水状态) 会抑制向日葵列当种子萌发, 因此沙壤土 (透气透湿性好) 向日葵列当发生危害率重于黏土, 降雨量相对较多的年份向日葵列当发生轻。

内蒙古地区, 向日葵列当于 7 月中旬开始出土, 7 月下旬快速生长, 8 月中上旬为出土盛期, 直到 9 月仍有新向日葵列当长出。待向日葵收割后, 小部分晚出土的向日葵列当因失去营养供给而死亡。向日葵列当出土期、出土盛期因各地向日葵播期、气候条件不同而有一定差异。向日葵列当一般于向日葵播种后 45 d 左右开始出土。

### 5 向日葵列当的防除

在加强植物检疫的基础上, 需将农业、化学和生物等多种防治方法综合起来对寄生杂草向日葵列当进行防除。

#### 5.1 农业措施

5.1.1 人工拔除 可在向日葵列当结实前将其整株拔除并集中销毁, 若仅将花茎拔断, 残留的地下部分仍会继续消耗寄主养分。人工除草耗费大量劳力, 造成寄主根部损伤而使其其他病菌乘虚而入, 因此只适用于向日葵列当零星发生地块。

5.1.2 加强栽培管理, 实行轮作 向日葵播前深翻土地, 建议土壤深翻至 20 cm 左右 (将浅层土中的向日葵列当种子翻下去即可)。向日葵列当出土盛期及结实前及时灌溉、中耕锄草, 可在一定程度上减轻其危害。

施用有机肥对向日葵列当有一定的防效。将土壤曝晒 (6 周) 后施用鸡粪可在一定程度上抑制向日葵列当种子 (地下 10 cm) 萌发<sup>[8]</sup>。唐嘉成等报道播种前用 30 t/hm<sup>2</sup> 羊粪处理土壤, 对烟草田中向日葵列当的防除效果达 66%, 用 10.5 t/hm<sup>2</sup> 牛粪处理防效为 36.25%<sup>[9]</sup>。向日葵可与禾本科植物 (小麦、玉米、谷子)、大豆、马铃薯、甜菜等进行轮作 (5 ~ 6 年), 国际上提倡列当重病区应轮作 8 ~ 10 年<sup>[10-11]</sup>。但由于轮作年限较长使得推广难度大。

#### 5.2 化感作用的利用

可通过特定植物分泌物的刺激作用, 使向日葵列当种子萌发后找不到寄主、营养耗尽而很快死亡 (向日葵列当不能出土), 从而降低并尽量消除土壤中向日葵列当种子数量来达到防除目的。这种特定植物分为 2 类, 一类是向日葵列当寄主 (捕获作物), 另一类是向日葵列当的非寄主 (诱捕作物)。

5.2.1 捕获作物的利用 待向日葵列当寄主播种后生长 30 d 左右 (未成熟) 后, 趁鲜嫩将其翻耕至地里, 利用幼嫩组织的分泌物来刺激向日葵列当种子萌发<sup>[12]</sup>。但该法一般需将作物播种期前提, 会影响后茬作物的播种。

5.2.2 诱捕作物的利用 一些非寄主植物的分泌物同样能刺激向日葵列当种子发芽, 且发芽后二者不能建立寄生关系而致向日葵列当在较短时间内死亡, 非寄主植物仍可正常收获。

可使用的诱捕作物有小麦、棉花、玉米、大豆、马铃薯、大麻、苜蓿、辣椒、绿豆等<sup>[13-20]</sup>。同一作物不同品种间对向日葵列当的化感作用存在显著差异 (种质间遗传差异较大), 同一诱捕植株不同部位刺激向日葵列当种子发芽的诱导率也存在差异, 表现为根 > 茎 > 叶 (刺激物质由地下部向上传导)。

5.2.3 发芽刺激物质的利用 向日葵列当种子发芽刺激物主要为独脚金内酯, 包括独脚金醇 (strigol)、列当醇 (orobanchol)、高粱内酯 (sorgolactone), 以及人工合成的类似物 GR6、GR7 和 GR24 等<sup>[12]</sup>。但独脚金醇在土壤中不稳定易分解, 而且其人工合成物的成本太高, 至今尚无相关的激素农药产品上市。从向日葵根分泌物中还分离得到了去氢木香内酯 (dehydrocostus lactone) —— 倍半萜烯内酯类, 该物质能刺激向日葵列当种子萌发<sup>[21-22]</sup>, 但未进行田间试验。

5.2.4 化感作用在生产上的应用举例 将捕获作物与诱捕作物结合起来刺激向日葵列当种子萌发以达到最佳效果。生产上可分别选择适合当地的对向日葵列当化感作物强的小麦品种和向日葵品种实施麦后复种向日葵, 待小麦成熟收割后移栽已育好的向日葵苗, 在向日葵现蕾期将其翻耕至地里, 通过小麦和向日葵的双重刺激作用以降低土壤中向日葵列当种子的密度。

#### 5.3 化学防除

向日葵播种前可结合整地使用 48% 仲丁灵 (地乐胺) 乳油 3 750 mL/hm<sup>2</sup>、48% 氟乐灵乳油 2 250 mL/hm<sup>2</sup>、48% 甲草胺乳油 3 000 mL/hm<sup>2</sup> 等药剂进行土壤处理<sup>[23-24]</sup>, 播种及出

苗后用 5% 烯效唑(生长调节剂)灌根等措施都有较好防治效果。

在向日葵列当出土后(向日葵花盘直径需大于 10 cm 以避免药害),用 72% 2,4-D 丁酯乳油 1 500 mL/hm<sup>2</sup>(豆类禁用,易产生药害)喷洒于列当植株和土壤表面,8~12 d 后防效约 80%。

张锐等通过田间试验筛选烟草田中防除向日葵列当的化学药剂,发现较经济的混配药剂为 41% 草甘膦异丙胺盐药剂 + 57% 2,4-D 丁酯乳油、41% 草甘膦异丙胺盐药剂 + 96% 精-异丙甲草胺(金都尔)乳油(防效在 90% 以上),但草甘膦单剂防效较低<sup>[25]</sup>。

#### 5.4 生物防除

列当蝇幼虫能以向日葵列为食。从田间自然发病或死亡的向日葵列当上分离致病微生物,获得纯培养扩繁后采用合适的方法施用,看其能否使向日葵列当致病,达到使其一萌发就发病的效果,是对寄生杂草向日葵列当进行生物防除的基本原理和思路。利用生防微生物及其菌剂防除向日葵列当的最佳时期是向日葵列当开花前。

王之樾等将分离到的镰刀菌(*Fusarium orobanches*)在田间进行割茎涂液,防效达 95%<sup>[26]</sup>。成都华宏生态农业科技有限公司研发的神锄(吉祥雨)复合微生物菌肥通过利用列当软腐细菌等复合微生物菌群来防除列当取得了成效,该菌肥滴灌冲施 5~10 d 后可使向日葵列当茎秆腐烂死亡(防效达 70%)<sup>[27-28]</sup>。

孔令晓等分离的致病镰刀菌(*Fusarium* sp.) L2 菌株在田间对向日葵列当的防效达 92.4%,L2 菌株粗毒素通过破坏向日葵列当种子萌芽管而抑制其萌发<sup>[29]</sup>。吴元华等报道在用硫磺调节土壤酸碱度的基础上,施用生防镰刀菌(*Fusarium* sp.)可推迟向日葵列当出土 3 d,对烟田向日葵列当防效达 62.44%<sup>[30-31]</sup>。

丁丽丽等通过大量分离发现镰刀菌(尖孢镰孢 *Fusarium oxysporum*,茄病镰孢 *Fusarium solani* 和 *Fusarium cerealis*)、丝核菌、腐霉菌(瓜果腐霉 *Pythium aphanidermatum*)是新疆地区列当的主要天然致病菌<sup>[32-33]</sup>,并从瓜果腐霉中提取到除草活性成分邻苯二甲酸二甲酯。

国外(以色列、德国和罗马尼亚)在列当的生物防除方面进行了大量研究<sup>[34-37]</sup>。德国报道了利用镰刀菌(*Fusarium oxysporum* Schlecht f. sp. *orthoceras*)防治向日葵列当的室内毒力测定、温室盆栽试验、菌株改良、防治机理等,但未利用其进行田间防除试验<sup>[38-39]</sup>。

#### 5.5 抗向日葵列当育种

在向日葵列当疫区应培育和筛选抗列当向日葵品种,但向日葵列当有生理小种分化现象,易变异,这成为抗向日葵列当寄主品种选育的最大障碍,使得向日葵品种的抗性难以持久。多数研究认为向日葵列当的抗性受单显性基因控制<sup>[40]</sup>。国际上向日葵列当有 A、B、C、D、E、F、G、H 8 个生理小种,而目前国内仅吉林省有 A 小种的报道。董百春等利用西班牙提供的通用鉴别寄主,通过盆栽法人工接种鉴定出吉林省洮南、乾安、长岭的向日葵列当属于 A 生理小种<sup>[41]</sup>。

向日葵不同品种对向日葵列当的耐抗性有较大区别。抗向日葵列当向日葵品种的搜集和筛选是当前研究的一个重

点。张默靖等利用吉林省洮南市太平村土壤,通过盆栽法对 31 份向日葵品种进行苗期抗向日葵列当鉴定,试验得出油葵 MGS、T012244 对列当免疫,油葵 S31、白杂 9 号对列当高抗<sup>[42]</sup>。白全江等在内蒙古西部区通过田间抗向日葵列当鉴定试验,筛选出高抗向日葵列当的油葵品种 S18、MGS、T012244,但未发现高抗的食葵品种<sup>[3]</sup>。融晓萍等在内蒙古巴彦淖尔双河镇向日葵列当重发的黄河滩地进行抗性鉴定,得出油葵 S8129、L135046、L135037、L135085 和食葵品种 L133007、L133010、L133009、L134018 高抗列当,可推广应用<sup>[43]</sup>。张治家等采用盆栽接种法,在山西浑源、五寨、石楼、平遥等地区对 25 份内蒙古主栽食葵品种(材料)进行了抗性鉴定,发现品种 135、9091、T423 对向日葵列当免疫,可在山西进行大面积推广<sup>[44]</sup>。王文军在黑龙江通过 2 年的盆栽接种试验,对 41 份向日葵品种(材料)进行抗性鉴定,发现油葵中抗源广泛存在,油用向日葵的抗性强于食用向日葵,本地向日葵资源抗源少<sup>[45]</sup>。

#### 6 展望

针对向日葵列当的研究现状和急需解决的问题,提出以下研究重点:(1)尽快鉴定全国各发生区向日葵列当的生理小种,有针对性地进行抗向日葵列当育种研究;向日葵品种审定时,应将抗向日葵列当性能作为一项重要的评价指标。(2)向日葵列当在全国多省(市、区)均有发生,须加强其流行扩散速率方面的研究,建立向日葵列当的流行扩散动态模型,以明确向日葵列当的潜在威胁性。(3)进一步探索田间向日葵列当的发生危害与环境条件的关系,如土壤质地、土壤温度、土壤 pH 值、有机质、灌溉方式、灌溉次数、灌溉量、土壤微生物的影响等。(4)同一地市不同地方向日葵列当的寄生程度可能存在较大差异。如巴彦淖尔市五原县是内蒙古最大的向日葵种植基地,但五原县向日葵列当的寄生率明显低于黄河滩地,需深入探析其原因。(5)继续大量分离筛选向日葵列当生防菌,构建相应的良种资源库。可将多种能使向日葵列当致病的菌株混用,联合起来以充分发挥其防除向日葵列当的作用。同时积极研发相应的生防菌剂,验证其田间防效,加快向日葵列当生防菌剂的商品化速度。(6)探索生防微生物制剂与化学药剂混用的比例与效果,利用生物防治与化学防治各自的长处,在高效控制向日葵列当发生危害的同时,降低化学除草剂的用量。(7)将农业、化学、生物等多种防治方法有机结合起来,形成一套经济有效的向日葵列当综合防除技术,以达到控制向日葵列当的最大防效。同时加强宣传,加快新技术在生产中推广普及的进度。(8)向日葵列当虽然是寄生性杂草,但也具有一定的药用价值(全草入药,补肾、强筋),因此在防除向日葵列当的同时,也可通过研究将其开发成新药。

#### 参考文献:

- [1] 关洪江. 黑龙江省向日葵列当发生与危害初报[J]. 作物杂志, 2007(4): 86-87.
- [2] 柴阿丽,迟庆勇,何伟,等. 寄生性杂草分枝列当对新疆加工番茄为害严重[J]. 中国蔬菜,2013(17): 20-22.
- [3] 白全江,云晓鹏,高占明,等. 内蒙古向日葵列当发生危害及其防

- 治技术措施[J]. 内蒙古农业科技, 2013(1): 75-76.
- [4] 白素娥. 向日葵列当的识别与防除[J]. 中国农学通报, 1994, 10(6): 34-37.
- [5] 赵长山, 黄长权, 刘燕, 等. 向日葵列当寄生机理研究进展[J]. 中国农学通报, 2013, 29(6): 1-5.
- [6] Dinesha M S, Dhanapa G N. Broomrape (*Orobancha cernua*) germination biology, population dynamics and its control in tomato (*Lycopersicon esculentum*) fields in Karnataka[J]. Journal of Progressive Agriculture, 2013, 4(1): 15-19.
- [7] 宋文坚, 曹栋栋, 金宗来, 等. 影响根寄生植物列当种子萌发因素的研究[J]. 种子, 2005, 24(2): 44-47.
- [8] Haidar M A, Sidahmed M M. Soil solarization and chicken manure for the control of *Orobancha crenata* and other weeds in Lebanon[J]. Crop Protection, 2000, 19(3): 169-173.
- [9] 唐嘉成, 兰艳丰, 夏博, 等. 施用有机肥对防治烟草上向日葵列当的效果[J]. 江苏农业科学, 2013, 41(4): 119-121.
- [10] Mathew M, Bassam B, Barakat A, et al. A participatory farming system approach for sustainable broomrape (*Orobancha* spp.) management in the Near East and North Africa[J]. Crop Protection, 2007, 26(12): 1723-1732.
- [11] 刘淑杰, 李淑荣. 乌兰浩特市向日葵列当的防治[J]. 植物检疫, 1999, 13(2): 127.
- [12] 任祥祥. 不同品种向日葵刺激根当种子萌发研究[D]. 杨凌: 西北农林科技大学, 2012.
- [13] 董淑琦. 不同基因型冬小麦刺激根寄生杂草列当种子萌发的研究[D]. 杨凌: 西北农林科技大学, 2013.
- [14] Joel D M. The long-term approach to parasitic weed control; manipulation of specific developmental mechanisms of the parasite[J]. Crop Protection, 2000, 19(8-10): 753-758.
- [15] 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.
- [16] Ma Y Q, Jia J N, An Y, et al. Potential of some hybrid maize lines to induce germination of sunflower broomrape[J]. Crop Science, 2013, 53(1): 260-270.
- [17] Abebe G, Sahile G, Abdel-Rahman M. Evaluation of potential trap crops on *Orobancha* soil seed bank and tomato yield in the central rift valley of Ethiopia[J]. World Journal of Agricultural Sciences, 2005, 1(2): 148-151.
- [18] 张维, 马永清, 郝智强. 不同大豆 (*Glycine max*) 品种对根寄生杂草瓜列当 (*Orobancha aegyptiaca*) 种子萌发的诱导作用[J]. 大豆科学, 2012, 31(6): 956-960.
- [19] 王钟, 马永清, 贾锦楠, 等. 马铃薯对瓜列当种子萌发的化感作用研究[J]. 中国生态农业学报, 2013, 21(3): 333-339.
- [20] 余蕊, 马永清. 大麻对瓜列当和向日葵列当种子萌发诱导作用研究[J]. 中国农业大学学报, 2014, 19(4): 38-46.
- [21] 何付丽, 黄长权, 尹克鑫, 等. 向日葵列当萌发机理的研究[J]. 作物杂志, 2012(6): 105-110.
- [22] Joel D M, Chaudhuri S K, Plakhine D, et al. Dehydrocostus lactone is exuded from sunflower roots and stimulates germination of the root parasite *Orobancha cumana*[J]. Phytochemistry, 2011, 72(7): 624-634.
- [23] 程乐强, 王晓波. 防治烟草寄生性杂草列当的药剂筛选研究[J]. 湖南农业科学, 2013(1): 76-79.
- [24] 段永辉, 张新建, 陈卫民. 48% 仲丁灵乳油防除向日葵列当效果研究[J]. 现代农业科技, 2010(11): 154-155.
- [25] 张锐, 宁繁华, 兰艳丰, 等. 烟草向日葵列当化学防治研究[J]. 湖北农业科学, 2011, 50(22): 4609-4611.
- [26] 王之槌, 朱广冀. F798 防治瓜列当的研究[J]. 新疆农业科技, 1981(7): 29-32.
- [27] 李红梅, 李国萍, 刘军, 等. 吉祥雨滴灌促根增效剂对食葵列当防治效果[J]. 农村科技, 2013(7): 45-46.
- [28] 蒋晓斌, 郑汉洪, 玉苏蒲·艾合买提. 神锄复合微生物菌剂防治番茄列当试验[J]. 农村科技, 2014(4): 44-45.
- [29] 孔令晓, 王连生, 赵聚莹, 等. 烟草及向日葵上列当 (*Orobancha cumana*) 的发生及其生物防治[J]. 植物病理学报, 2006, 36(5): 466-469.
- [30] 吴元华, 宁繁华, 刘晓琳, 等. 生防镰刀菌 (*Fusarium* sp.) 对烟草列当的防效[J]. 烟草科技, 2011(10): 78-80.
- [31] 宁繁华, 张锐, 兰艳丰, 等. 生防镰刀菌对烟草生长发育的影响[J]. 江苏农业科学, 2011, 39(2): 158-159.
- [32] 丁丽丽, 张学坤, 赵思峰, 等. 引起新疆向日葵列当茎基腐病的镰刀菌分离与鉴定[J]. 新疆农业科学, 2012, 49(6): 1096-1102.
- [33] 丁丽丽. 列当高效生防菌的筛选及其防治机理研究[D]. 石河子: 石河子大学, 2012.
- [34] Kohlschmid E, Sauerborn J, Müller-Stöver D. Impact of *Fusarium oxysporum* on the holoparasitic weed *Phelipanche ramosa*; biocontrol efficacy under field-grown conditions[J]. Weed Research, 2009, 49(Suppl. 1): 56-65.
- [35] Nemat-Alla M M, Shabana Y M, Serag M M, et al. Granular formulation of *Fusarium oxysporum* for biological control of faba bean and tomato *Orobancha*[J]. Pest Management Science, 2008, 64(12): 1237-1249.
- [36] Dorette M, Jürgen K. The potential of *Ulocladium botrytis* for biological control of *Orobancha* spp.[J]. Biological Control, 2005, 33(3): 301-306.
- [37] Thomas, Sauerborn J, Müller-Stöver D, et al. The potential of *Fusarium oxysporum* f. sp. *orthoceras* as a biological control for *Orobancha cumana* in sunflower[J]. Biological Control, 1998, 13(1): 41-48.
- [38] Boari A, Vurro M. Evaluation of *Fusarium* spp. and other fungi as biological control agents of broomrape (*Orobancha ramosa*) [J]. Biological Control, 2004, 30(2): 212-219.
- [39] Stöver D M, Kohlschmid E, Sauerborn J. A novel strain of *Fusarium oxysporum* from Germany and its potential for biocontrol of *Orobancha ramosa*[J]. Weed Research, 2009, 49(2): 175-182.
- [40] Velasco L, Pérez-Vich B, Yassein A A M, et al. Inheritance of resistance to sunflower broomrape (*Orobancha cumana* Wallr.) in an interspecific cross between *Helianthus annuus* and *Helianthus debilis* subsp. *tardiflorus*[J]. Plant Breeding, 2012, 131(1): 220-221.
- [41] 董百春, 沙洪林, 刘雪静, 等. 吉林省向日葵列当生理小种鉴定[J]. 中国油料, 1996, 18(1): 54-56.
- [42] 张默靖, 李美佳, 君睿红, 等. 列当寄生对不同品种向日葵幼苗生长及抗氧化酶活性的影响[J]. 西北植物学报, 2013, 33(7): 1403-1408.
- [43] 融晓萍, 韩成, 杨满红, 等. 向日葵抗列当品种筛选试验[J]. 内蒙古农业科技, 2014(3): 86.
- [44] 张治家, 白全江, 曹丽霞, 等. 优质向日葵种质资源抗山西不同区域向日葵列当研究[J]. 山西农业科学, 2012, 40(2): 153-155.
- [45] 王文军. 向日葵资源列当抗性研究[J]. 作物杂志, 2013(3): 29-31.