



李雨浓. 向日葵列当防治措施研究进展[J]. 黑龙江农业科学, 2023(5):101-106.

# 向日葵列当防治措施研究进展

李雨浓

(黑龙江省农业技术推广站, 黑龙江 哈尔滨 150090)

**摘要:**列当是一种寄生型杂草, 严重危害向日葵的产量和品质。本文分析了向日葵列当生理小种及其在我国的分布情况, 并对影响向日葵列当的主要环境因素、抗列当基因挖掘及品种抗性鉴定以及向日葵列当主要防治措施研究进展进行综述。在此基础上, 提出通过提高品种抗性、建立合理的轮作制度、节肥减药、加大生物防治力度以及提升农技培训水平等措施提高向日葵列当综合防治水平。

**关键词:**向日葵; 列当; 防治措施; 进展

向日葵(*Helianthus annuus* L.)是一种兼具油和食用价值的经济作物, 具有适应性广、抗逆性强、耐盐碱等特点。作为重要的油料作物之一, 在世界各国均有广泛种植, 其中种植面积较大的国家有俄罗斯、乌克兰、阿根廷、罗马尼亚及坦桑尼亚等, 我国位居第六位<sup>[1]</sup>。近年来, 随着经济的发展, 世界向日葵种植面积和总产呈逐年上升趋势, 我国发展则相对较为平稳, 年播种面积在 100 万  $\text{hm}^2$  左右, 总产量稳定在 250 万 t 左右<sup>[1-2]</sup>。目前, 向日葵在我国 19 个省市均有种植, 其中内蒙古和新疆作为主产区, 年产量分别占我国总产量的 59.2% 和 16.4%<sup>[3]</sup>, 是我国重要的向日葵生产和加工基地。

向日葵列当(*Orobanche cumana* Wallr.)是一种对向日葵生产危害严重的寄生性植物, 可导致向日葵植株细弱、花盘瘦小、籽粒饱满度下降, 会大幅度降低向日葵的产量和品质, 发生严重时可导致整株死亡, 绝产绝收。列当在我国内蒙古、新疆等向日葵主产区均有大面积发生, 其中, 内蒙古列当寄生率最高, 发生最严重, 新疆寄生率居中, 吉林、河北相对较轻, 目前已分布于我国的 9 省(自治区)171 个县(市、区), 并有进一步扩散的趋势<sup>[4]</sup>。由于列当产生的种子具有数量大, 繁殖能力强, 易随风、水、农具和其他动物传播, 生活力保持时间长等特点, 在适宜的条件下会大量萌发生长, 进而造成田间危害<sup>[5]</sup>。本文通过对影响向日葵列当萌发因素、寄生机理及综合防治措施等方面的最新研究进展进行综述, 以为向日葵列当的有效防治及科研提供理论参考依据。

## 1 向日葵列当生理小种及在我国分布

根据列当寄生能力的差异, 利用国际通用的向日葵列当生理小种鉴别寄主如 AD-66(Or0)、Kruglik A-41(Or1)、B-RO-02A(Or2)、Record(Or3)、LC1002B(Or4)、LC1003B(Or5)、RO-B-54(Or6)、LC1093A(Or6)、L-1390(Or6)、LG-SS88(Or7)和 Race-G-2(Or7)等<sup>[6-8]</sup>, 已鉴定出 A、B、C、D、E、F、G 和 H 共 8 个向日葵列当分化小种<sup>[9]</sup>, 从 A 至 H 寄生能力逐渐变强。与此同时, 新的小种也在不断出现, Dor 等<sup>[10]</sup>在以色列发现了一个列当新小种 CUCE, 其寄主范围可扩展到茄科作物, 已经对向日葵和加工番茄造成了威胁。Martín-Sanz 等<sup>[11]</sup>通过毒力测试和遗传多样性分析, 发现新的小种 GGV, 并与 G 存在一定差异。

我国向日葵列当小种类型较丰富, Shi 等<sup>[12]</sup>首次对中国向日葵列当小种组成和分布进行研究, 结果表明 A、D、E 和 G 小种是中国主要小种类型, 分布最广优势小种为 D 类型, 而最高级别的 G 小种仅在内蒙古西部地区出现。石必显等<sup>[6]</sup>对新疆、内蒙古、吉林、河北等 13 个不同地点的向日葵列当进行鉴定, 发现 A、D、E、F、G 共 5 种, 其中 D 和 E 小种出现较多。云晓鹏等<sup>[7]</sup>鉴定结果表明, 内蒙古主要以 F 和 G 小种为主; 新疆以 C 小种为主; 河北以 A 和 C 小种为主; 吉林、陕西、黑龙江、山西等地区均以 A 小种为主。取样地点地块不同会造成生理小种有差异, 这也进一步说明我国向日葵主产区列当发生危害的广泛性和严重性。另外, 小种变化很大程度上与异地种子调运有关, 刘志达等<sup>[8]</sup>研究结果显示, 内蒙古阴山北麓地区小种类型已经从 F 型变为 G 型, 主要原因可能是向日葵种子调运过程中混杂列当种子造成的。

收稿日期: 2022-12-26

基金项目: 国家现代农业产业技术体系(CARS-14)。

作者简介: 李雨浓(1974—), 女, 学士, 正高级农艺师, 从事农业技术推广工作。E-mail: njtglyn@126.com。

## 2 影响向日葵列当的主要环境因素

研究表明,成熟的向日葵列当种子需要经过后熟作用、温湿预培养和外源信号物质诱导等过程才能形成吸器进行寄生侵入<sup>[13-14]</sup>,每株列当种子从发芽至成熟一般需要 28~30 d<sup>[15]</sup>。通过一定条件的预培养,可促进种子萌发,一般在温度 25℃,渗透势为-0.5 MPa,pH 为 7.0 的条件下进行预培养 7 d,萌发率最高为 75.85%<sup>[16]</sup>。另外,邸娜等<sup>[17]</sup>研究认为,当满足温度为 25℃,pH 为 7.0,盐、硝态氮、铵态氮、磷、钾浓度分别为 11.0, 2.0, 8.0, 4.0 和 2.0 mmol·L<sup>-1</sup> 的条件下,向日葵列当萌发率可达 72.33%,为最适宜的培养条件,且以上各条件除硝态氮外,均能极显著或显著影响向日葵列当种子萌发,其中,培养温度、pH 和盐浓度达极显著水平( $P<0.01$ ),铵态氮浓度、磷元素浓度和钾元素浓度达显著水平( $P<0.05$ )。

不同的土壤条件显著影响列当的寄生。石必显等<sup>[18]</sup>研究结果表明,列当出土数量和单株寄生数量均为沙壤土>壤土>粘土,说明沙壤土更有利于列当生长;在沙壤土条件下,列当的出土数量和寄生数量随着温度升高、湿度增加及 pH 增加均呈先升后降趋势,当培养温度为 25~30℃、土壤湿度为 60%~70%和 pH 为 8 时最有利于列当寄生;高湿条件不利于列当生长和萌发,寄生数量显著减少。另有研究认为,土壤中有有机质、速效氮能够促进列当发生,而土壤速效磷能够显著抑制列当发生<sup>[19]</sup>。

脱氢木香内酯存在于向日葵根系分泌物中,可诱导向日葵种子萌发。研究表明,脱氢木香内酯在向日葵幼苗期和现蕾期均可分泌,根际周围适宜的脱氢木香内酯浓度及土壤温、湿度导致列当在向日葵整个生育期内都可以萌发<sup>[20]</sup>。Wu 等<sup>[21]</sup>对高感列当品种 SH363 和抗列当品种 TH33 开展研究,结果表明感病品种后期脱氢木香内酯释放量是抗病品种的 3.7 倍,较低的脱氢木香内酯可能会提高抗列当水平。

## 3 抗列当基因挖掘及品种抗性鉴定

### 3.1 基因挖掘

向日葵列当抗性遗传主要受显性单基因控制<sup>[22]</sup>,因此,选育抗列当品种是防治向日葵列当最有效的途径<sup>[23]</sup>,而不断提高列当水平抗性显得尤为重要。近年来,随着分子生物技术的应用,利

用分子标记辅助选择手段集聚多个抗列当 QTL (Quantitative Trait Locus)是提高水平抗性的有效策略,而挖掘优异抗性基因成为重中之重。目前公认的抗列当单显性基因有 7 种<sup>[23]</sup>,分别为 *Or1*、*Or2*、*Or3*、*Or4*、*Or5*、*Or6*、*Or7*。随着分子技术的发展,抗性基因精细定位研究有助于育种技术与分子标记辅助选择紧密结合。Martín-Sanz 等<sup>[24]</sup>利用单核苷酸多态性 (Single Nucleotide Polymorphism, SNP) 标记将 *Or<sub>SH</sub>* 基因定位到向日葵基因组的第 4 连锁群。Fernández-Aparicio 等<sup>[25]</sup>利用抗感杂交后代分离群体,将 *Or<sub>D42</sub>* 基因定位在 4 号染色体上半部 0.9 cM 区间内。另外,黄启秀等<sup>[26]</sup>利用权重基因共表达网络分析 (Weighted Gene Co-expression Network Analysis, WGCNA) 找到 15 个与向日葵列当抗性相关的核心基因,为抵御列当寄生分子机制研究提供重要线索。

### 3.2 资源抗性鉴定

优异抗向日葵列当资源对列当抗性育种至关重要。近年来,我国研究者进行了大量的鉴定工作,为抗性育种提供了宝贵的资源。张明<sup>[27]</sup>对 42 份向日葵资源进行 F 小种抗性鉴定,筛选出 2 份免疫资源 (ZJ-105、S1204)、2 份高抗资源 (GSK18、OR-3) 及 3 份抗性资源 (HAR5、HA335、DM2)。郑喜清等<sup>[28]</sup>对当地主栽的 9 个食用品种和 4 个油用品种进行鉴定,其中 TP3313、TP3314 表现免疫,TP3316 和 T261 (油用) 表现高抗,但生理小种尚未明确。石胜华等<sup>[29]</sup>针对 G 小种抗性,利用室内培养皿滤纸体系抗性鉴定标准从 80 份试材中鉴定出免疫材料 3 份 (TP3313、同辉 15 号、同辉 31 号),高抗材料 11 份 (JK103、S05-2AX、JK601、JK109、巴葵 138 等),中抗材料 15 份 (JK105、LSK17、科阳 1 号、科阳 7 号等),抗性结果显示,油葵品种的抗性水平显著高于食葵品种。李荣德等<sup>[30]</sup>选取 36 个食用向日葵登记品种开展 G、F 小种抗性鉴定试验,筛选出 13 份免疫品种 (同欣 2 号、圣地壹号、龙葵 27、圣地 777、启源 6 号、JR5511、益民 931、益民 303、益民 966、益民 969、金谷葵 33、S2009、新农 101),9 份高抗品种 (三瑞 3 号、天葵 16、正博鼎盛、双星 6 号、中食葵 90、益民 968、诚牌 K7、诚牌 K9、三瑞 11 号)。薛伟等<sup>[31]</sup>连续两年利用田间盆栽接种法鉴定了 280 份杂交组合、恢复系及不育系对 G 小种抗性,获得了一批免疫和高抗材料。近年来,随着抗性育种水平的不断提高,品种

抗列当能力有了极大提升,由于生理小种的变化,同一材料受年度和地点影响较大,在实际应用中,应提前做好种植区域的抗性鉴定工作,为大面积应用提供参考依据。

## 4 向日葵列当主要防治措施研究进展

### 4.1 选择诱捕作物进行合理轮作

建立合理轮作措施是减轻列当危害的有效措施,通过非寄生诱捕作物化感作用诱导列当萌发,可有效减小土壤中列当种子库<sup>[32]</sup>,降低列当对后茬向日葵的危害。研究表明,小麦、玉米、棉花、大豆、中草药等作物均能在一定时期内和一定程度上减轻列当危害<sup>[33]</sup>。Ye等<sup>[34]</sup>研究发现,玉米能够诱导列当种子萌发并显著减轻列当对向日葵的损害,但不同品种间存在显著差异,这种差异会随着玉米种植年限的延长而减小。王恺等<sup>[35]</sup>通过室内水培试验和室外盆栽模拟轮作试验,探究轮作模式对列当的防除效果,结果表明,甜菜、小麦和辣椒根系分泌物能够诱导向日葵列当萌发,使萌发率达到50.0%以上,但轮作后,能够显著减少列当的寄生数量,可有效防除向日葵列当。Antonova等<sup>[36]</sup>发现,高粱、谷子和苏丹草根系分泌物可以刺激列当种子萌发,并筛选出适合防治列当的品种。白雨等<sup>[37]</sup>对比燕麦、小麦和马铃薯与向日葵轮作效果,认为这3种作物均可不同程度地降低向日葵列当寄生率,而燕麦在轮作1次和2次后对降低列当寄生率方面均表现最佳。另外,亚麻和胡萝卜<sup>[38]</sup>、小茴香<sup>[39]</sup>、蚕豆<sup>[40]</sup>、鱼腥草<sup>[41]</sup>等也可以作为向日葵列当诱捕作物加以利用。

### 4.2 栽培方式对列当的防治

不同的栽培方式对列当防治具有一定的积极作用。融晓萍等<sup>[42]</sup>的研究结果表明,向日葵早播可以诱发列当提早萌发。也有研究者认为,适时晚播可在一定程度上减轻向日葵列当危害,增施磷肥可显著降低寄生强度和寄生程度<sup>[43]</sup>。而采用秋浇地灌溉水浸泡的方式可显著降低向日葵列当种子萌发率,研究表明,萌发率与田间浸泡年限呈负相关关系,列当种子萌发率可从1年处理的46.62%降到连续4年处理的0%<sup>[44]</sup>。另有研究表明,地膜覆盖方式对向日葵列当寄生影响不大<sup>[37]</sup>。深翻土壤可达到一定防治效果,但只有将列当种子翻入15 cm土层以下能有效降低萌发率<sup>[45]</sup>。Strelnikov等<sup>[46]</sup>通过将芥菜及油菜绿肥和列当种子混种的方式研究绿肥对列当侵染的影响,结果表

明,白芥菜绿肥降低侵染程度44.7%,普通芥菜、黑芥菜以及冬油菜分别减少了25.9%、27.0%和24.0%的感染,合理施用绿肥是一种安全的减轻列当危害的方法。

### 4.3 化学药剂防治

化学防治是目前生产上使用最多的防除方法,但使用不当易造成环境污染和药害。仲丁灵、氟乐灵、金都尔、2,4-D丁酯等是常见的防治药剂。王海伟等<sup>[47]</sup>研究了不同浓度的48%仲丁灵、48%氟乐灵、72%金都尔3种药剂对列当寄生向日葵危害程度,结果表明,采用播前喷施耙土铺膜的方式,3种药剂在不同浓度处理下均具有较好的列当防治效果和向日葵产量,72%金都尔3600 mL·hm<sup>-2</sup>处理防控列当最理想,对向日葵产量和商品性影响最小。也有研究者认为72%金都尔用量为5400 mL·hm<sup>-2</sup>效果最好,具有很好的应用前景<sup>[43]</sup>。路伟等<sup>[48]</sup>采用透析法制备了一种水溶性氟乐灵纳米制剂,采用75 g·(667 m<sup>2</sup>)<sup>-1</sup>滴灌施用方法防治向日葵列当,田间防效可达36.3%。白全江等<sup>[49]</sup>对咪唑啉酮类除草剂开展药剂试验,认为在4~8叶期使用750 mL·hm<sup>-2</sup>茎叶喷雾处理,防除列当效果达100%。田晓燕等<sup>[50]</sup>使用5%咪唑乙烟酸水剂和4%甲氧咪草烟水剂50~150 mL·(667 m<sup>2</sup>)<sup>-1</sup>进行茎叶喷雾,列当防效可达90%以上。冷廷瑞等<sup>[51]</sup>采用最后一次趟地封垄前土壤混药方式,对72%异丙甲草胺、33%二甲戊灵、50%乙草胺、30%莎稗磷、48%氟乐灵、48%仲丁灵等6种不同的除草剂及组合进行药效试验,结果显示,各处理对列当的平均防效为78.9%~95.73%,均能有效防治列当,其中48%氟乐灵和33%二甲戊灵处理产量损失较小,对向日葵产量影响小。何伟等<sup>[52]</sup>试验表明,33%二甲戊灵乳油、50%扑草净可湿性粉剂和两种药剂混合物在一定浓度处理下,对列当种子萌芽、出土和生长均具有显著抑制能力,在列当防治中具有一定潜力。Soriano等<sup>[53]</sup>认为环烯醚萜苷类化合物对植物具有毒性,能够抑制列当胚根生长,抑制率可达72.6%,可作为化学除草剂的替代药剂用于防治向日葵列当。

### 4.4 诱抗剂防治

近年来,植物诱抗剂在列当防治上有了新的突破,可在一定程度上减少防治农药的使用量。



云晓鹏等<sup>[54]</sup>对植物诱抗剂-IR-18 开展相关研究,结果显示,-IR-18 对列当具有明显的控制效果,但品种间防效存在较大差异,在 6~10 叶期进行 400 倍液处理防效最好,施药后 32 d 防效可达 100%。陶波等<sup>[55]</sup>对研发的诱抗剂进行防效试验,结果表明,防效随药剂浓度增加而显著增加,600 倍液处理能够明显增加株高、鲜重、叶片叶绿素及谷胱甘肽含量指标,显著增加多种酶活性,在 8~10 叶期、12~14 叶期两次施药,最高防效可达 92.4%。Yang 等<sup>[56]</sup>将向日葵种子用  $1 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$  水杨酸预处理,结果表明,处理后的向日葵可以诱导系统抗性,列当寄生数量和生物量减少,向日葵株高、鲜重和干重显著增加。

#### 4.5 植物生长调节剂防治

王玥等<sup>[57]</sup>通过盆栽试验在玉米种植后 20 和 40 d 施加  $1 \times 10^{-4} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$  赤霉素(Gibberellins, GAs),导致列当出土数分别降低了 76.4% 和 67.3%,说明可以利用赤霉素与玉米共同诱导向日葵列当种子萌发,以便减少列当危害。Lerner 等<sup>[58]</sup>发现列当种子发芽后接触调环酸(Prohexadione)会引起列当死亡,而且施用后不久调环酸便可出现在向日葵根系中并有少量排除,因此推测若向日葵根系排除足够量的调环酸,就会对列当萌发产生直接影响。

#### 4.6 生物防治

生物防治具有安全、环保等特点,目前,用于列当防治的生物菌还在不断筛选和鉴定中,其广阔的应用前景备受关注。张键等<sup>[59]</sup>利用柯赫氏法对 29 份列当枯斑病样本进行病菌分离和鉴定,筛选出 3 株尖孢镰刀菌(*Fusarium oxysporum*)菌株 GHC1-2、XXZ-9 和 HD1-1 可用于防控列当寄生,具备一定的生防潜力。郭振国等<sup>[60]</sup>比较了 3 种生防菌效果,结果显示,灰黄青霉(*Penicillium griseofulvum*, CF3)和放线菌密旋链霉菌(*Streptomyces pactum*, Act12)可显著降低列当出土数和寄生量,抑制寄生率高达 74.4% 和 68.7%,并显著增加向日葵生物量、根冠比和含水量,是优良的生防菌种。Xi 等<sup>[61]</sup>分离得到抗生溶杆菌(*Lysobacter antibioticus*)菌株 HX79 和假单胞菌(*Pseudomonas mandelii*)菌株 HX1,且通过试验证实 HX79 具有促进列当种子萌发和芽管伸长的能力,而 HX1 可抑制列当在宿主根际土壤中的生长。

## 5 存在问题及措施

### 5.1 存在问题

向日葵列当是向日葵种植生产过程中的恶性寄生杂草,在向日葵主产区成为最主要的防控对象,若管理不及时很容易造成向日葵产量和品质的大幅下降。虽然生产上已有一些抗性品种应用,但其品质和产量性状往往很难满足种植者的实际需求。现有抗性品种也会随着生理小种的变化产生抗性丧失的现象。另外,由于向日葵经济效益较玉米、小麦等其他大田作物高,种植者往往选择重迎茬种植以便获得最大的种植收益,很难建立合理的轮作制度,进一步造成土地有机质含量下降和盐碱化日益加重,农药化肥的施用也会逐渐增加,如此反复,形成恶性循环。

### 5.2 改进措施

建立绿色、安全、有效的综合防治措施是防治列当危害的根本<sup>[4]</sup>。第一,从品种源头抓起,不断提高品种垂直抗性和水平抗性能力,兼顾品质和产量提升;第二,应鼓励种植者建立两种非寄主作物以上的轮作制度,这也是最经济有效的栽培手段,在保障土地一定的种植收益前提下,既实现防除列当的目的,又可充分保养土地改善土壤环境;第三,采用合理的节肥减药栽培管理措施,加大生物防治力度,有效提高投入产出比,逐步建立一种绿色安全高效的防治体系;第四,提升农技培训水平,指导种植者合理施用农药和化肥,以确保高效栽培管理技术体系的合理运用。

### 参考文献:

- [1] 郭树春,李素萍,孙瑞芬,等.世界及我国向日葵产业发展总体情况分析[J].中国种业,2021(7):10-13.
- [2] 闻金光,李素萍,郭树春,等.我国向日葵种业的建立与发展[J].中国种业,2022(2):28-32.
- [3] 张青,朱效兵,孙志惠,等.内蒙古巴彦淖尔市向日葵产品加工现状与发展思考[J].农产品加工,2016(23):55-57,61.
- [4] 张璐,胡玲军,赵思峰.向日葵列当在中国的风险评估和防控策略[J].中国植保导刊,2020,40(8):80-83.
- [5] 吴文龙,姜翠兰,黄兆峰,等.我国向日葵列当发生危害现状调查[J].植物保护,2020,46(3):266-273.
- [6] 石必显,雷中华,向理军,等.中国 4 省区向日葵列当生理小种鉴定[J].中国油料作物学报,2016,38(1):116-119.
- [7] 云晓鹏,苏雅杰,杜磊,等.我国向日葵列当生理小种的组成与分布[J].杂草学报,2021,39(1):12-20.
- [8] 刘志达,王娜,柳慧卿,等.阴山北麓地区向日葵列当生理小种的鉴定及种子的单株纯化[J].植物保护,2021,47(3):212-216.
- [9] 杜磊,云晓鹏,白全江,等.向日葵抗列当品种的田间鉴定与筛选[J].植物保护,2021,47(6):231-239.

- [10] DOR E, PLAKHINE D, JOEL D M, et al. A new race of sunflower broomrape (*Orobancha cumana*) with a wider host range due to changes in seed response to strigolactones[J]. Weed Science, 2019, 68(2): 134-142.
- [11] MARTÍN-SANZ A, MALEK J, FERNÁNDEZ-MARTÍNEZ J M, et al. Increased virulence in sunflower broomrape (*Orobancha cumana* Wallr.) populations from southern Spain is associated with greater genetic diversity [J]. Frontiers in Plant Science, 2016(7): 589.
- [12] SHI B X, CHEN G H, ZHANG Z J, et al. First report of race composition and distribution of sunflower broomrape, *Orobancha cumana*, in China [J]. Plant Disease, 2015, 99(2): 291.
- [13] 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.
- [14] 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.
- [15] 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.
- [16] 邸娜, 鞠向雨, 韩海军, 等. 预培养条件对向日葵列当种子萌发的影响[J]. 中国油料作物学报, 2020, 42(3): 486-492.
- [17] 邸娜, 韩海军, 郑喜清, 等. 培养条件对向日葵列当种子萌发的影响[J]. 植物检疫, 2020, 34(6): 19-24.
- [18] 石必显, 徐东升, 吴元柱, 等. 土壤条件对向日葵列当寄生的影响[J]. 西北植物学报, 2018, 38(9): 1717-1721.
- [19] 邸娜, 王靖, 崔超, 等. 向日葵列当寄生严重度与土壤养分之间的关系[J]. 河南农业科学, 2017, 46(1): 83-87.
- [20] 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.
- [21] WU W L, HUANG H J, SU J T, et al. Dynamics of germination stimulants dehydrocostus lactone and costunolide in the root exudates and extracts of sunflower [J]. Plant Signaling and Behavior, 2022, 17(1): 2025669.
- [22] AKHTOUCHE B, del MORAL L, LEON A, et al. Genetic study of recessive broomrape resistance in sunflower[J]. Euphytica, 2016, 209(2): 419-428.
- [23] 郭树春, 苗红梅, 李素萍, 等. 向日葵抗列当育种研究进展[J]. 作物杂志, 2022(3): 27-32.
- [24] MARTÍN-SANZ A, PÉREZ-VICH B, RUEDA S, et al. Characterization of post-haustorial resistance to sunflower broomrape[J]. Crop Science, 2020, 60(3): 1188-1198.
- [25] FERNÁNDEZ-APARICIO M, del MORAL L, MUÑOZ S, et al. Genetic and physiological characterization of sunflower resistance provided by the wild-derived *Or<sub>Deb2</sub>* gene against highly virulent races of *Orobancha cumana* Wallr. [J]. Theoretical and Applied Genetics, 2021, 135(2): 501-525.
- [26] 黄启秀, 向理军, 张黎, 等. 基于 WGCNA 挖掘向日葵抗列当关键基因[J]. 分子植物育种, 2022, 20(8): 2617-2628.
- [27] 张明. 向日葵抗 F-生理小种列当资源筛选[J]. 东北农业科学, 2021, 46(1): 20-22, 61.
- [28] 郑喜清, 崔超, 王靖, 等. 向日葵品种抗列当寄生差异性研究[J]. 植物检疫, 2019, 33(4): 25-29.
- [29] 石胜华, 柳惠卿, 云晓鹏, 等. 向日葵抗列当水平室内鉴定体系准确性评价及不同品种抗列当水平鉴定[J]. 杂草学报, 2019, 37(2): 28-34.
- [30] 李荣德, 段锐, 刘志达, 等. 向日葵新品种抗列当水平的田间鉴定[J]. 植物保护, 2022, 48(3): 287-292, 298.
- [31] 薛伟, 张玮, 毕经纬, 等. 田间盆栽接种法鉴定不同向日葵品种(系)列当抗性[J]. 现代农业科技, 2022(15): 31-37.
- [32] 邸娜, 崔超, 王靖, 等. 利用诱捕作物防除向日葵列当的研究现状及展望[J]. 江苏农业科学, 2019, 47(21): 84-88.
- [33] 马永清. 采用植物化感作用与诱捕作物消除列当土壤种子库[J]. 中国生态农业学报, 2017, 25(1): 27-35.
- [34] YE X X, ZHANG M, ZHANG M Y, et al. Assessing the performance of maize (*Zea mays* L.) as trap crops for the management of sunflower broomrape (*Orobancha cumana* Wallr.) [J]. Agronomy, 2020, 10(1): 100.
- [35] 王恺, 李朴芳, 余蕊, 等. 我国新疆焉耆垦区作物轮作种植模式防除列当的有效性研究[J]. 中国生物防治学报, 2019, 35(2): 272-281.
- [36] ANTONOVA T S, ALONSO L C, STRELNIKOV E A, et al. Stimulating effect of the root exudates of sorghum, millet, and Sudan grass on the seed germination of broomrape (*Orobancha cumana* Wallr.) infesting sunflowers in Russia [J]. Russian Agricultural Sciences, 2015, 41(5): 347-351.
- [37] 白雨, 韩雪莹, 董海洋, 等. 轮作及农艺措施对减轻向日葵列当危害的影响[J]. 作物杂志, 2019(2): 192-196.
- [38] 苏雅杰, 田晓燕, 杜磊, 等. 巴彦淖尔市向日葵列当诱捕作物的筛选[J]. 北方农业学报, 2022, 50(2): 103-109.
- [39] 陈芳洁, 王恺, 王玥, 等. 小茴香诱导向向日葵列当种子萌发的研究[J]. 北方园艺, 2018(15): 5-12.
- [40] 王焕, 马永清, 田丰, 等. 小麦、蚕豆和油菜对向日葵列当种子萌发的影响[J]. 中国农业大学学报, 2016, 21(9): 33-39.
- [41] 赵娜娜, 王盼盼, 冯佳楠. 鱼腥草叶片甲醇浸提液对瓜列当和向日葵列当种子萌发的诱导[J]. 黑龙江农业科学, 2022(4): 51-54.
- [42] 融晓萍, 韩成, 杨满红, 等. 向日葵早播诱发防除列当试验初报[J]. 中国农技推广, 2014, 30(5): 45-46.
- [43] 郑喜清, 王靖, 邸娜, 等. 不同向日葵播期、磷肥用量及除草剂对向日葵列当寄生的影响[J]. 植物检疫, 2021, 35(2): 59-62.
- [44] 苏雅杰, 杜磊, 云晓鹏, 等. 巴彦淖尔市黄灌区秋浇地水浸越冬对向日葵列当种子萌发的影响[J]. 北方农业学报, 2020, 48(4): 100-104.
- [45] 高燕平, 高有才, 梁亚芳. 向日葵列当在吕梁的发生危害及综合防治措施[J]. 植物检疫, 2018, 32(3): 81-83.
- [46] STRELNIKOV E, ANTONOVA T, GORLOVA L, et al.

- The environmentally safe method of control of broomrape (*Orobanche cumana* Wallr.) parasitizing on sunflower[J]. BIO Web of Conferences, 2020, 21: 00039.
- [47] 王海伟, 崔超, 王靖, 等. 不同施药处理对列当寄生向日葵产量相关性状的影响[J]. 安徽农学通报, 2020, 26(Z1): 90-92.
- [48] 路伟, 李琳, 李世奎, 等. 水溶性氟乐灵纳米制剂对向日葵列当的毒力及田间药效[J]. 植物保护, 2019, 45(3): 237-240, 248.
- [49] 白全江, 云晓鹏, 杜磊, 等. 抗除草剂新品种防除向日葵列当用药技术研究[J]. 北方农业学报, 2018, 46(4): 77-81.
- [50] 田晓燕, 云晓鹏, 杜磊, 等. 向日葵列当综合防控技术集成与应用[J]. 中国植保导刊, 2020, 40(8): 53-56.
- [51] 冷廷瑞, 姚德军, 李秀华, 等. 吉林省向日葵列当防治药剂筛选[J]. 黑龙江农业科学, 2014(11): 63-65.
- [52] 何伟, 杨华, 许建军, 等. 二甲戊灵、扑草净对加工用番茄和列当种子萌芽抑制作用研究[J]. 新疆农业科学, 2017, 54(2): 320-326.
- [53] SORIANO G, SICILIANO A, FERNÁNDEZ-APARICIO M, et al. Iridoid glycosides isolated from *Bellardia trixago* identified as inhibitors of *Orobanche cumana* radicle growth[J]. Toxins, 2022, 14(8): 559.
- [54] 云晓鹏, 杜磊, 白全江, 等. 植物诱抗剂-IR-18 对向日葵列当的抑制效果及应用[J]. 北方农业学报, 2018, 46(6): 77-82.
- [55] 陶波, 赵旭, 杜磊, 等. 诱抗剂对向日葵抗性诱导的研究[J]. 北方农业学报, 2022, 50(3): 53-59.
- [56] YANG C, HU L Y, ALI B, et al. Seed treatment with salicylic acid invokes defence mechanism of *Helianthus annuus* against *Orobanche cumana*[J]. Annals of Applied Biology, 2016, 169(3): 408-422.
- [57] 王玥, 叶晓馨, 王恺, 等. 玉米与赤霉素对向日葵列当种子萌发、防除以及对后茬作物向日葵生长的影响[J]. 中国生态农业学报, 2018, 26(11): 1672-1681.
- [58] LERNER F, PFENNING M, PICARD L, et al. Prohexadione calcium is herbicidal to the sunflower root parasite *Orobanche cumana*[J]. Pest Management Science, 2020, 77(4): 1893-1902.
- [59] 张键, 王娜, 刘志达, 等. 向日葵列当枯斑病原菌的分离鉴定及致病力分化[J]. 华北农学报, 2022, 37(1): 172-180.
- [60] 郭振国, 陈杰, NIZAMANI M R, 等. 生防菌对向日葵列当的防除作用的初步研究[J]. 中国农业大学学报, 2018, 23(6): 59-69.
- [61] XI J, LEI B L, LIU Y X, et al. Microbial community roles and chemical mechanisms in the parasitic development of *Orobanche cumana*[J]. iMeta, 2022, 1(3): e31.

## Research Progress on the Control Measures of Sunflower Broomrape

LI Yunong

(Heilongjiang Agricultural Technology Extension Station, Harbin 150090, China)

**Abstract:** Sunflower broomrape (*Orobanche cumana*) is a parasitic weed, which seriously harms the yield and quality of sunflower. In this paper, the physiological races of sunflower broomrape and their distribution in China were analyzed, the main environmental impact factors and resistance gene mining and resistance identification and research progress on main control measures of sunflower broomrape were reviewed. On the basis of these, the comprehensive control level of sunflower broomrape could be improved by adopting some measures, such as improving the resistance level of varieties, establishing a reasonable rotation system, saving fertilizer and reducing medicine, increasing the strength of biological control and improving the level of agricultural technology training.

**Keywords:** sunflower; broomrape; control measures; progress

## 著作权使用声明

本刊已许可中国知网、维普网、万方数据、博视网、长江文库、超星等知识服务平台以数字化方式复制、汇编、发行、信息网络传播本刊全文。本刊支付的稿酬已包含著作权使用费,所有署名作者向本刊提交文章发表之行为视为同意上述声明。

黑龙江农业科学编辑部