

轮作及农艺措施对减轻向日葵列当危害的影响

白 雨 韩雪莹 董海洋 乌云苏都 李冰圳 陈贵林

(牧草与特色作物生物技术教育部重点实验室/内蒙古大学生命科学学院/内蒙古自治区中蒙药材规范化生产工程技术研究中心, 010070, 内蒙古呼和浩特)

摘 要 向日葵列当对向日葵生产带来严重危害, 目前向日葵生产中主要通过化学除草、选择抗性品种进行防除。通过合理轮作是减轻列当危害的有效手段, 但是如何选择轮作作物、其防除效果如何并不清晰。采用向日葵连作重茬土壤进行盆栽试验, 并进行田间调查, 研究结果表明: 向日葵与燕麦、小麦和马铃薯轮作均可不同程度地降低向日葵列当寄生率, 其中向日葵—燕麦—向日葵轮作对列当耗减最多, 与对照组(向日葵连作)相比列当寄生率降低30%。向日葵—燕麦—向日葵—燕麦—向日葵、向日葵—小麦—向日葵—小麦—向日葵轮作列当寄生率均低于50%, 两者差异不显著, 而显著低于向日葵—马铃薯—向日葵—马铃薯—向日葵轮作处理。田间调查结果显示向日葵的花盘直径与列当寄生数呈负相关, 地膜覆盖对向日葵列当寄生影响不大。综合得出, 燕麦是一种良好的向日葵列当诱捕作物, 适合在内蒙古等食用向日葵主产区推广应用。

关键词 向日葵列当; 轮作; 向日葵; 诱捕作物; 地膜覆盖

向日葵列当(*Orobancha cumana* Wallr.)是全寄生的一年生恶性杂草, 主要依靠寄生在向日葵根部吸取营养物质, 维持生长发育^[1], 所以列当寄生寄主后, 对寄主的生长发育危害严重^[2]。目前防除列当主要通过抗性育种^[3]、化学防除^[4]等方法。选育抗性品种是一项最经济、最有效的防控措施, 但是抗性育种进展缓慢, 而且抗源在油菜中广泛存在, 食葵中很少^[5]。除草剂主要针对列当的地上部^[6], 不能长效控制列当, 而且可能影响后茬作物生长以及对环境造成危害, 防除效果并不理想。

诱捕作物是指作物的根系能够分泌刺激列当种子萌发的物质, 但不会被列当寄生, 作物本身可以正常收获。列当种子微小, 自身储藏的营养物质极其有限, 如果它们萌发后不能在几天之内寄生到寄主根部, 那么它们会在有限的营养耗尽后死去, 这种现象叫做“自杀萌发”^[7]。轮作可以改善土壤理化性质^[8], 降低土传真菌群落^[9], 是一种有效减轻植物病虫害的耕作制度^[10]。因此利用向日葵与诱捕作物轮作, 诱导列当种子“自杀萌发”, 减少土壤列当种子数量, 对于建立可持续的

生态型综合列当防治策略具有重要意义。

已有研究表明, 亚麻^[11]、大豆^[12]、小麦^[13]、柳枝稷(*Panicum virgatum* L.)^[14]、水稻^[15]和杂交玉米^[16]可刺激向日葵列当种子萌发。许多试验表明寄主植物与诱捕作物轮作, 可减少寄生杂草数量并提高寄主作物产量^[17-19]。所以通过合理轮作是减轻向日葵列当危害的有效手段, 但是如何选择轮作作物、其防除效果如何并不清晰。因此本研究采用盆栽试验和田间调查的方式, 通过向日葵与燕麦、小麦、马铃薯等3种作物轮作, 分析后茬向日葵列当寄生情况, 从而找到适合内蒙古干旱半干旱地区种植的诱捕作物, 减轻向日葵列当危害。

1 材料与方法

1.1 材料

供试品种分别为食用向日葵(*Helianthus annuus* L., 美葵)、燕麦(*Avena sativa* L., 白燕2号)、小麦(*Triticum aestivum* L., 永良4号)和马铃薯(*Solanum tuberosum* L., 大西洋)。

1.2 试验方法

1.2.1 盆栽试验 2017年4月–2018年7月在内蒙古大学温室进行盆栽试验, 试验用土于2017年4月3日取自向日葵连作生产田(内蒙古包头市

作者简介: 白雨, 本科生, 从事寄生植物生物学研究

陈贵林为通信作者, 教授, 从事植物逆境生理研究

基金项目: 内蒙古大学校级大学生创新创业训练计划项目(201714319)

收稿日期: 2018-12-24; 修回日期: 2019-02-02

达尔罕茂明安联合旗石宝镇红井滩村, 41°47'N, 110°86'E), 该生产田的列当寄生率为 95%。试验设 7 个处理: 向日葵连作(对照), 向日葵与其他作物轮作(T1: 向日葵—燕麦—向日葵; T2: 向日葵—小麦—向日葵; T3: 向日葵—马铃薯—向日葵; T4: 向日葵—燕麦—向日葵—燕麦—向日葵; T5: 向日葵—小麦—向日葵—小麦—向日葵; T6: 向日葵—马铃薯—向日葵—马铃薯—向日葵)。将含列当种子的土壤装入塑料花盆(口径 16cm、底径 13cm、高度 17.5cm)中, 每盆分别播种 5 粒向日葵种子, 30 粒燕麦、小麦种子和 3 块马铃薯块茎, 每种作物 15 盆, 共种植 60 盆。苗期管理按常规方法进行, 定期浇水, 拔除杂草, 保证作物的正常生长。试验分 4 个时期进行, 2017 年 4 月 4 日种植燕麦、小麦和马铃薯, 5 月 20 日拔除这 3 种作物, 将土壤自然晾晒一段时间; 2017 年 9 月 7 日种植向日葵, 11 月 2 日将向日葵根洗净, 统计向日葵根部列当的寄生率, 并将土壤自然晾晒一段时间; 2018 年 3 月 15 日种植燕麦、小麦和马铃薯, 5 月 15 日拔除这 3 种作物, 将土壤自然晾晒一段时间; 2018 年 5 月 16 日种植向日葵, 7 月 5 日将向日葵根洗净, 统计向日葵根部列当的寄生率。向日葵根上有“根瘤”状突起或根状茎, 且尖端部分膨大成吸器, 吸附到向日葵的根上长度大于 1mm, 记为 1 个列当^[20]。寄生率计算公式: 寄生率(%) = 被侵染向日葵植株数/向日葵总植株数 × 100。

1.2.2 田间调查 于 2017 年 9 月 10 日和 9 月 16 日以内蒙古自治区巴彦淖尔市磴口县渡口乡城西村兴盛阳、磴口县渡口乡城西村二十里柳子(向日葵 5 月 30 日播种, 常规管理)、呼和浩特市武川县东土城乡马王庙村和武川县可可以力更镇三合井村(向日葵 5 月 26 日播种, 常规管理)向日葵生产田为样地进行田间调查, 考察列当寄生对向日葵生长的影响, 测量每株向日葵上寄生的列当数以及与之对应的向日葵的株高、茎粗和花盘直径。2017 年 9 月 10 日在呼和浩特市武川县得胜沟乡西土城村向日葵生产田调查覆膜和无膜时寄生在向日葵上的列当数, 考察覆膜方式是否影响列当寄生。

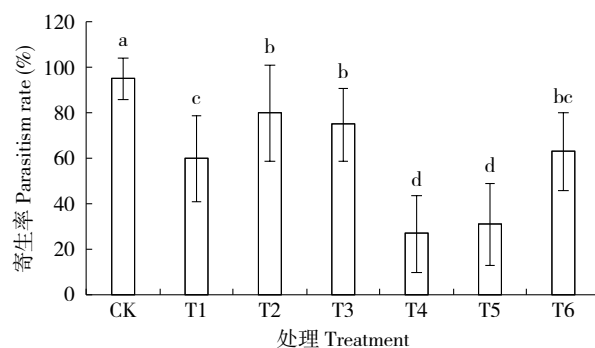
1.3 数据处理

采用 Excel 2016 和 SPSS 17.0 软件进行统计分析和绘制图表。

2 结果与分析

2.1 不同轮作处理对向日葵列当寄生率的影响

由图 1 可见, 对照组向日葵连作, 列当寄生率最高, 而与 3 种作物轮作 1 次, 后茬向日葵列当寄生率均明显降低, 其中 T1(向日葵—燕麦—向日葵)轮作对列当耗减最多, 与对照组相比列当寄生率降低 30%; 而 T2(向日葵—小麦—向日葵)轮作对列当耗减最少, 与对照组相比列当寄生率降低 15%。T6(向日葵—马铃薯—向日葵—马铃薯—向日葵)轮作列当寄生率为 63%; 而 T4(向日葵—燕麦—向日葵—燕麦—向日葵)、T5(向日葵—小麦—向日葵—小麦—向日葵)轮作列当寄生率均低于 50%, 两者差异不显著, 而显著低于 T6 处理。可见, 向日葵与诱捕作物轮作可使列当寄生率降低, 而且与燕麦轮作 2 次就可以将列当耗减到较低水平, 向日葵列当寄生率为 27%。



不同小写字母表示处理间在 0.05 水平存在显著差异, 下同
Different small letters indicate significant difference among treatments at 0.05 level, the same below

图 1 不同轮作处理对向日葵列当寄生率的影响
Fig.1 Effects of different rotating treatments on the parasitism rate of *O. cumana*

2.2 列当寄生对向日葵生长的影响

田间调查结果显示, 向日葵的花盘直径与列当寄生数呈负相关(图 2), 随着列当寄生数增多, 向日葵花盘直径减小。两县 4 个调查地点均有相同趋势, 表明列当寄生影响向日葵花盘直径, 从而影响结子率和子粒饱满度, 进而影响产量。可见, 列当寄生影响向日葵的生长发育。

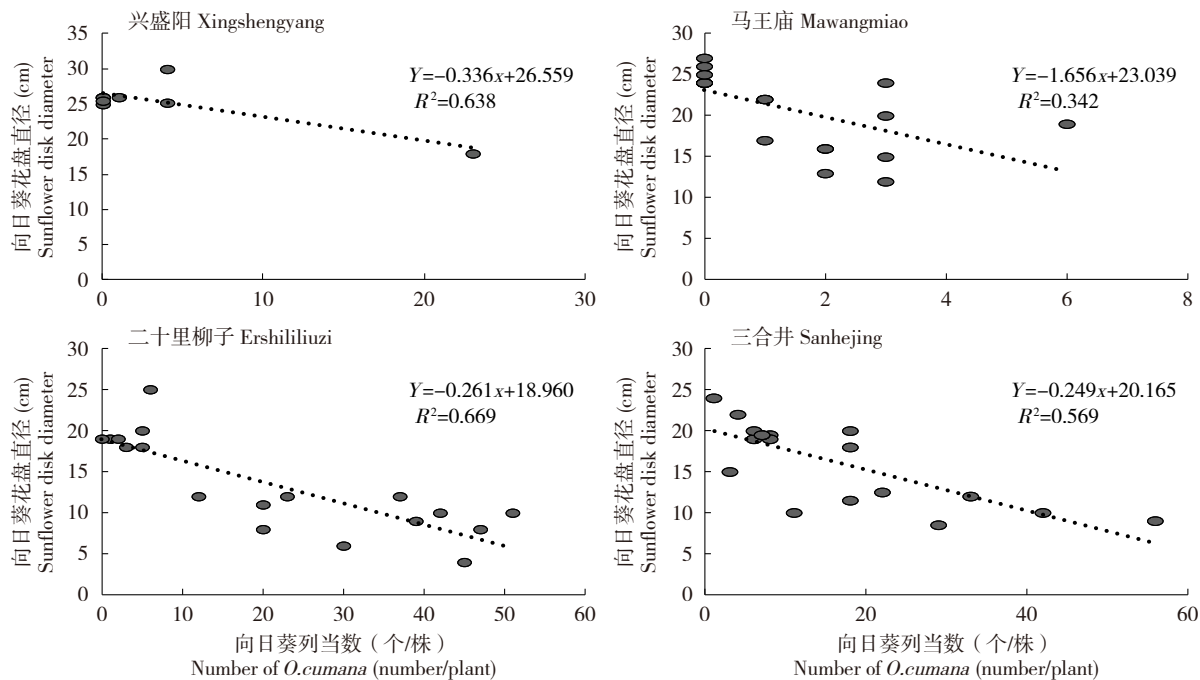


图2 田间调查列当寄生对向日葵花盘直径的影响

Fig.2 The field survey shows the effects of *O. cumana* on the diameter of the disk

由图3可见,地膜覆膜与无膜相比,列当寄生数差异不显著,表明地膜覆盖对列当寄生影响不大。

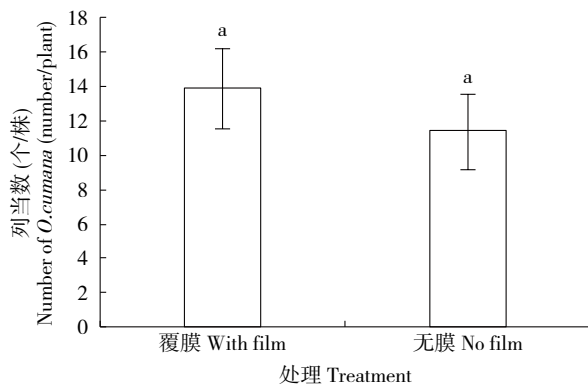


图3 覆膜处理对向日葵列当寄生数的影响

Fig.3 Effects of film-mulched treatment on the number of *O. cumana*

3 结论与讨论

已有研究^[13]表明,小麦浸提液可刺激向日葵列当种子萌发。本研究中前茬种植3种作物均可不同程度地降低后茬向日葵列当寄生率,所以这3种作物可能对向日葵列当种子萌发存在不同程度的化感作用。其中,向日葵—燕麦—向日葵轮作列当寄生率与对照组相比降低30%,而向日

葵—小麦—向日葵轮作列当寄生率与对照组相比降低15%。可能是由于3种作物根系分泌物的种类和浓度不同,同时还可能分泌萌发抑制物质^[17]。此外,马铃薯对列当种子萌发的影响还要考虑深播的影响,因为马铃薯种植时要深播,而播种深度影响列当种子萌发^[21]。已有研究表明玉米与木豆(*Cajanus cajan* L.)轮作2个季节即可以降低土壤种子库里的独脚金(*Striga hermonthica*)种子数量^[19]。此外,有学者在农场中评估豇豆与玉米轮作的效果,结果显示轮作1次后可将玉米中的独脚金发生率降低至几乎检测不到的水平^[22]。本研究中向日葵与燕麦轮作1次列当寄生率降低30%,轮作2次后列当寄生率降低至27%。

已有研究表明,独脚金寄生影响高粱的生长及光合作用^[23],向日葵列当寄生影响向日葵幼苗的生长及抗氧化酶活性^[20]。本研究田间调查结果显示,向日葵的花盘直径与列当寄生数呈负相关,由此说明列当寄生数量的增加严重影响了向日葵的生长。已有结果表明,覆膜方式影响土壤温度、水分和向日葵生长,所以地膜覆盖可能影响列当寄生^[24]。田间调查结果显示,地膜覆盖对列当寄生影响不大,这可能是由于调查的向日葵生产田连作重茬年限短,导致土壤中列当种子较少,所

以调查时覆膜和无膜的向日葵列当寄生率差异不显著。

据预测, 寄生杂草的可持续控制只有通过将土壤种子库里的种子数降低到 1 000~2 000 粒/m², 并在随后几年保持在该水平才能实现^[25]。本试验结果表明, 向日葵与燕麦轮作 2 次即可将向日葵列当耗减到 27%, 所以燕麦根部可能分泌刺激向日葵列当种子萌发的物质, 作为向日葵列当“诱捕作物”的潜力较大, 可用来对向日葵列当进行防除。因此, 在生产中, 可以利用燕麦与向日葵轮作, 刺激向日葵列当自杀萌发, 减少土壤列当种子数量, 从而减轻列当危害。这种列当防除措施可以减少土壤种子库里的列当种子数量, 有效减轻向日葵列当的危害, 适合在高海拔、干旱半干旱地区推广。

众多学者研究了利用诱捕作物减轻列当危害, 但大多集中在小麦、水稻和亚麻等作物上, 有关燕麦减轻列当危害的研究鲜有报道。而且许多针对诱捕作物减轻列当危害的研究主要是用根系分泌物、水浸提液和甲醇提取液刺激列当种子萌发^[26-27], 调查种子萌发率, 而本研究调查了燕麦是否可以作为诱捕作物减轻列当危害。内蒙古是我国向日葵主产区, 而燕麦在内蒙古干旱、半干旱地区广泛种植, 所以研究向日葵与燕麦轮作对减轻内蒙古向日葵主产区向日葵列当危害有较大意义。

参考文献

- [1]Yoder J I. Host-plant recognition by parasitic scrophulariaceae. *Current Opinion in Plant Biology*, 2001, 4: 359-365.
- [2]Zhou W J, Yoneyama K, Takeuchi Y, et al. *In vitro* infection of host roots by differentiated calli of the parasitic plant *Orobanch*. *Journal of Experimental Botany*, 2004, 55: 899-907.
- [3]君睿红, 陈贵林, 李美佳, 等. 不同列当抗性的向日葵品种根系分泌物对向日葵列当种子萌发的影响. *西北植物学报*, 2014, 34(7): 1397-1403.
- [4]Pérez-de-Luque A, Eizenberg H, Grenz J H, et al. Broomrape management in faba bean. *Field Crops Research*, 2010, 115(3): 319-328.
- [5]王文军. 向日葵资源列当抗性研究. *作物杂志*, 2013(3): 29-31.
- [6]Eizenberg H, Goldwasser Y. Control of egyptian broomrape in processing tomato: a summary of 20 years of research and successful implementation. *Plant Disease*, 2018, 102(8): 1477-1488.
- [7]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. *中国生态农业学报*, 2017, 25(1): 27-35.
- [8]Zhou Z J, Palmberg C, Ericson L, et al. A 60-years old field experiment demonstrates the benefit of leys in the crop rotation. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B-Soil & Plant Science*, 2019, 69(1): 36-42.
- [9]陈丹梅, 段玉琪, 杨宇虹, 等. 轮作模式对植烟土壤酶活性及真菌群落的影响. *生态学报*, 2016, 36(8): 2373-2381.
- [10]崔勇. 稻田水旱轮作的研究进展. *作物杂志*, 2018(3): 8-14.
- [11]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. *中国农业大学学报*, 2014, 19(4): 38-46.
- [12]Zhang W, Ma Y, Wang Z, et al. Some soybean cultivars have ability to induce germination of sunflower broomrape. *PLoS ONE*, 2013, 8(3): e59715.
- [13]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. *中国农业大学学报*, 2016, 21(9): 33-39.
- [14]An Y, Ma Y Q, Shui J F, et al. Switchgrass (*Panicum virgatum* L.) has ability to induce germination of *Orobancha cumana*. *Journal of Plant Interactions*, 2015, 10(1): 142-151.
- [15]Ma Y Q, Zhang M, Li Y L, et al. Allelopathy of rice (*Oryza sativa* L.) root exudates and its relations with *Orobancha cumana* Wallr. and *Orobancha minor* Sm. germination. *Journal of Plant Interactions*, 2014, 9(1): 722-730.
- [16]Ma Y Q, Jia J N, An Y, et al. Potential of some hybrid maize lines to induce germination of sunflower broomrape. *Crop Science*, 2013, 53(1): 260-270.
- [17]Dhanapal G N, Struik P C. Broomrape control in a cropping system containing bidi tobacco. *Journal of Agronomy & Crop Science*, 1996, 177(4): 225-236.
- [18]Kleifeld Y, Goldwasser Y, Herzlinger G, et al. The effects of flax (*Linum usitatissimum* L.) and other crops as trap and catch crops for control of Egyptian broomrape (*Orobancha aegyptiaca* Pers.). *Weed Research*, 1994, 34(1): 37-44.
- [19]Oswald A, Ransom J K. Striga control and improved farm productivity using crop rotation. *Crop Protection*, 2001, 20(2): 113-120.
- [20]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. *西北植物学报*, 2013, 33(7): 1403-1408.
- [21]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. *内蒙古农业科技*, 2013(1): 75-76.
- [22]Gbèhounou G, Adango E. Trap crops of *Striga hermonthica*: in vitro identification and effectiveness in situ. *Crop Protection*, 2003, 22(2): 395-404.
- [23]Frost D L, Gurney A L, Press M C, et al. *Striga hermonthica* reduces photosynthesis in sorghum: the importance of stomatal limitations and a potential role for ABA?. *Plant, Cell & Environment*, 1997, 20(4): 483-492.
- [24]贾有余, 张雄, 高宇, 等. 覆膜方式对旱作农田土壤水热状况及向日葵产量的影响. *作物杂志*, 2017(6): 72-78.
- [25]Kebreab E, Murdoch A J. Stimulation of integrated control strategies for *Orobanch* Spp. based on life cycle model. *Experimental Agriculture*, 2001, 37(1): 37-51.
- [26]Ma Y Q, Zhang W, Dong S Q, et al. Induction of seed germination in *Orobanch* Spp. by extracts of traditional Chinese medicinal herbs. *Science China: Life Sciences*, 2012, 55(3): 250-260.
- [27]Chai M, Zhu X P, Cui H X, et al. Lily cultivars have allelopathic potential in controlling *Orobancha aegyptiaca* Persoon. *PLoS ONE*, 2015, 10(11): e0142811.

Effects of Rotation and Agronomic Measures on Reducing the Damage of *Orobanche cumana*

Bai Yu, Han Xueying, Dong Haiyang,
Wuyun Sudu, Li Bingzhen, Chen Guilin

(Key Laboratory of Herbage and Endemic Crop Biotechnology, Ministry of Education/School of Life Sciences, Inner Mongolia University/The Good Agriculture Practice Engineering Technology Research Center of Chinese and Mongolian Medicine in Inner Mongolia, Hohhot 010070, Inner Mongolia, China)

Abstract *Orobanche cumana* is a sever parasite to sunflower production and at present is mainly controlled by chemical weeding and selection of resistant varieties. Reasonable rotation is an effective means to alleviate the problem, but rotating crop varieties and the effect of the measure are not clear. In this experiment, pot experiment and field investigation were both carried out. The seeds were sown in plastic pots and the soil was collected from continuous sunflower cropping yield where the *O. cumana* infection was sever. The results indicated that the rotation of sunflower with oat, wheat and potato could reduce the parasitism rate of *O. cumana* to different extents. The rotation of sunflower-oat- sunflower minimized parasite, and the parasitism rate was reduced by 30% compared with the control. The rotation of sunflower-oat-sunflower-oat-sunflower and sunflower-wheat-sunflower-wheat-sunflower had a parasitism rate of less than 50%, the difference between the two is not significant, but significantly lower than the rotation of sunflower-potato-sunflower-potato-sunflower. The field investigation results showed that the diameter of the sunflower disk was negatively correlated with the number of *O. cumana*, and the film mulching had little effect on the parasitization of the *O. cumana*. It is concluded that oat is a good trap crop of *O. cumana*, and suitable for promotion and application in Inner Mongolia and other places.

Key words *Orobanche cumana*; Rotation; Sunflower; Trap crop; Film mulching