

不同列当寄生严重度对向日葵产量形成及生理特性的影响

崔超,王靖*,王海伟,郑喜清,邸娜,苏志芳,李亚珍
(河套学院,内蒙古巴彦淖尔,015000)

摘要:为了明确列当寄生对向日葵全生育时期的危害性和影响程度,以当地主栽食用向日葵品种 SH363 为材料,在 3 种列当危害程度下对向日葵各生育时期根冠生理特性、物质积累特性、产量及产量构成的影响进行了研究。结果表明,向日葵列当轻度寄生危害处理条件下,2 个试验点向日葵产量分别为 $3.66\text{ t} \cdot \text{hm}^{-2}$ 和 $3.23\text{ t} \cdot \text{hm}^{-2}$, 分别较无向日葵列当寄生危害处理减产 24.85% 和 16.32%;向日葵列当重度寄生危害处理条件下,2 个试验点向日葵产量分别为 $2.70\text{ t} \cdot \text{hm}^{-2}$ 和 $1.98\text{ t} \cdot \text{hm}^{-2}$, 分别较无向日葵列当寄生危害处理减产 44.56% 和 48.70%。与无向日葵列当寄生危害处理相比,向日葵列当轻度寄生危害和向日葵列当重度寄生危害处理的收获株数、单盘粒数、百粒重和结实率显著降低,开花期和成熟期植株干物质积累量显著减少,根系生物量特别是 20~40cm 土层根系后期迅速降低。由此可见,随着向日葵列当寄生危害程度的加重,灌浆期植株根系正常生长受限,叶面积指数下降,光合能力降低,干物质积累减少,导致向日葵产量形成关键时期植株得不到正常的养分及水分供给最终导致减产。

关键词:向日葵列当;寄生严重度;干物质积累;叶面积指数
中图分类号:S565.5,S451.1 **文献标识码:**A **文章编号:**1007 – 9084(2016)04 – 0000 – 00

Effect of parasitism severity by sunflower broomrape on yield formation and physiological characteristics of sunflower

CUI Chao,WANG Jing*,WANG Hai – wei,ZHENG Xi – qing,DI Na,SU Zhi – fang,LI Ya – zhen
(Hetao College, Bayan Nur 015000, China)

Abstract: Broomrape occurrence on sunflower becomes a serious threat. To better understand the damage of broomrape parasitism in whole growth period of sunflower, root and shoot physiological characteristics, dry matter accumulation, yield and yield components in 3 different parasitism severity of sunflower broomrape were investigated in 2 sites. Cultivar SH363 was used as plant material. Results showed that broomrape parasitism significantly reduced sunflower yield. In light parasitism (L – H) treatment broomrape, yields were $3.66\text{ t} \cdot \text{hm}^2$ and $3.23\text{ t} \cdot \text{hm}^2$ respectively in 2 sites, declined 24.85% and 16.32% comparing with control yield. In severe harm (H – H) parasitism treatment of broomrape, yields were $2.70\text{ t} \cdot \text{hm}^2$ and $1.98\text{ t} \cdot \text{hm}^2$ respectively in 2 sites, declined 44.56% and 48.70% comparing with control yield. Broomrape parasitism significantly decreased the number of harvest, full grain number per disk, full grain weight per disk, hundred – grain weight. Dry matter accumulation during anthesis and maturity was significantly decreased. Root biomass especially at 20 – 40 cm – soil layer quickly decreased during late growth period. Thus, root growth was limited, leaf area index and photosynthesis accumulation declined as the sunflower broomrape parasitism damage increased, resulting in a lower grain yield.

Key words: *Orobancha cumana*; Parasitism severity; Dry matter accumulation; Leaf area index

向日葵是世界第四大油料作物,向日葵生产主要集中在欧共体、前苏联、前南斯拉夫、美国、阿根廷、印度、中国、土耳其等国家和地区^[2]。向日葵在世界范围内年种植面积约在 $2 \times 10^7\text{ hm}^2$,产量在 1.2

收稿日期:2016-02-01
基金项目:内蒙古自治区高等学校青年科技英才支持计划(NJYT – 15 – B23);内蒙古巴彦淖尔市科技创新基金项目(SF2012 – 27);内蒙古自治区高等学校科学研究重点项目(NJZZ16333)
作者简介:崔超(1984 –),男,内蒙古乌兰察布人,讲师,博士,从事作物生理研究,E – mail: nmg_cuichao@sohu.com
* 通信作者:王靖(1984 –),女,河南卫辉人,讲师,博士,从事植物病害综合防控技术研究,E – mail: 304081257@qq.com

~1.4t/hm²,年总产量在2.0×10⁷~2.3×10⁷t^[3~8]。向日葵列当是双子叶植物纲列当科列当属一年生根寄生草本植物,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。向日葵列当较易在向日葵上寄生为害,是影响向日葵产量非常重要的限制因素,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^[9~14]。

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^[15]。向日葵列当在现蕾期寄生时,造成向日葵植株矮小,影响花盘形成,严重者则萎蔫死亡;在成株期被列当寄生,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。每株向日葵寄生5株列当,株高降低10.6%,茎粗降低39.26%,单株产量降低62.87%。每株向日葵寄生10~20株列当,花盘直径降低21.7%,百粒重降低18.0%,结实率降低8.8%^[16]。目前国内外学者在向日葵列当的生物防除、化学防除、发芽刺激物以及化感作用方面做了大量工作^[17~20],但对列

当寄生导致的向日葵各生育时期根冠生理特性、物质积累转运特性的变化尚不清楚,与列当危害相关的向日葵产量形成及产量损失量化等方面鲜有报道。本文研究了不同向日葵列当寄生严重度下对向日葵产量及各生育时期的生理特性的影响,明确列当寄生对向日葵全生育时期的危害性和影响程度,初步阐明列当寄生对向日葵危害的机制,调整过去单纯凭借向日葵产量损失来评价列当防除效果的思路,为开展符合经济、生态和食品安全的高效列当防除策略提供理论依据和技术支撑,同时为抗列当向日葵育种参数的遴选提供实验依据,具有重要的理论意义和实际意义。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验于2015年在内蒙古巴彦淖尔市临河区双河镇(N40°42',E107°24')与白脑包镇进行(N41°02',E107°19')。该区属于中温带半干旱大陆性气候,云雾少、降水量少、风大、气候干燥,昼夜温差明显,平均气温6.8℃,平均年日照可达3 229.9h,年均降水量138.8mm,全年无霜期130d。试验地土壤类型为灌淤土,土壤耕层(0~30cm)理化性质如表1。

表1 土壤主要理化性质
Table 1 Basic properties of tested soils

试验地点 Site /County	有机质 Organic matter /(g·kg ⁻¹)	碱解氮 Alkali nitrogen /(mg·kg ⁻¹)	速效磷 Available phosphorus /(mg·kg ⁻¹)	速效钾 Available potassium /(mg·kg ⁻¹)	pH
白脑包镇 Bainaobao	7.38	44.03	19.22	235.95	7.96
双河镇 Shuanghe	5.10	31.54	15.35	149.02	8.23

1.2 试验材料与设计

试验设不同向日葵列当寄生危害条件下的3个处理,即重度危害(heavily harm, H-H)、轻度危害(light harm, L-H)和不危害(Control)。以每株向日葵寄生的向日葵列当数量作为判断寄生严重度的依据,即以每株向日葵寄生0株、10~20株、30~50株向日葵列当定为不危害、轻度危害和重度危害^[21]。试验小区于苗期到现蕾期根据不同向日葵列当寄生危害严重度进行划分,小区面积为80m²(4m×20m),共3次重复,均以当地常规方式栽培,供试向日葵品种为当地主栽品种食用向日葵SH363。各处理同期宽窄行机器覆膜播种,宽行为100cm,窄行为40cm,种植密度为3.45万株/hm²。5月31日播种,9月28日收获,其他管理同大田生产。

1.3 测定项目与方法

1.3.1 产量的测定 采用小区试验测产方案,首先测量小区面积,调查试验小区内所有株数、盘数,然后选取10盘样品带回实验室,进行室内考种,测定单盘粒数、单盘粒重、百粒重,并计算产量。

1.3.2 干物质积累的测定 于现蕾期、开花期和成熟期取样,每小区选取代表性样株,将样株分为叶片、茎秆、花盘3部分,测定不同器官鲜重,之后在鼓风干燥箱中于105℃下杀青30min,然后于80℃烘至恒重,称量各器官干重,同时取样测定光合器官绿色面积。

1.3.3 根系特性测定 于现蕾期、开花期、成熟期测定(与冠层生理特性测定同步),根系采用大田切片法。选择典型植株,以植株为中心,挖掘1/2株距×1/2行距范围内,垂直0~40cm(0~10cm、10~

20cm,20~40cm)土层内根系。将根系洗净后,测定根系鲜干重。由于根系测定过程中工作量较大,所以根系测定数据仅为白脑包试验点的数据。

1.3.4 数据处理与分析 数据采用 Excel2003、SPSS17.0 软件进行处理和统计分析。

2 结果与分析

2.1 不同列当寄生严重度对向日葵产量及其构成的影响

由表 2 可知,白脑包和双河试验点均以无列当寄生危害的产量最高,分别为 4.87t·hm⁻²和 3.86t

·hm⁻²,均显著或极显著高于轻度危害与重度危害;其次为轻度列当寄生危害,重度列当寄生危害产量最低,分别较无列当寄生危害处理产量降低 24.85%和 44.56%,16.32%和 48.70%。进一步分析其产量构成因子可知,2 个列当寄生危害处理下减产原因主要表现为收获株数、单盘粒数和百粒重显著或极显著低于对照,分别较对照减少 1.17%~17.20%,15.52%~48.81%和 11.33%~38.17%。结实率表现为对照最高,分别为 80.19%和 79.18%,而轻度危害与重度危害结实率 2 个试验点表现不同。

表 2 不同寄生强度下向日葵产量及产量构成
Table 2 Yield and its components of sunflower under different broomrape parasitic severity

地点 County	处理 Treatment	收获株数 Number of harvest (×10 ⁴ ·hm ⁻²)	单盘粒数 Full grain number per disk	单盘粒重 Full grain weight/g	百粒重 hundred-grain weight/g	产量 Yield (t·hm ⁻²)	结实率 Ripening rate/%
白脑包镇 Bainaobao	CK	3.45 aA	912 aA	154.60 aA	16.96 aA	4.87 aA	80.19
	L-H	3.39 bA	855 aAB	116.29 bB	13.61 bB	3.66 bB	78.77
	H-H	2.92 cB	748 bB	85.75 cC	11.48 cC	2.70 cC	72.46
双河镇 Sahunghe	CK	3.43 aA	775 aA	122.46 aA	15.80 aA	3.86 aA	79.18
	L-H	3.39 bB	739 aAB	103.45 bA	14.01 bB	3.23 bA	72.36
	H-H	2.84 cC	642 bB	62.69 cB	9.77 cC	1.98 cB	75.20

注:CK:无列当寄生危害;L-H:轻度列当寄生危害;H-H:重度列当寄生危害。同一试验地点内比较,标以不同字母表示差异性,小写字母表示 0.05 显著水平,大写字母表示 0.01 极显著水平。下同
Note:CK:Control; L-H:light harm, light parasitism of sunflower broomrape; H-H:heavy harm, heavy parasitism of sunflower broomrape. Values followed by different letters are significantly different with a lower case letter indicating probability level of 0.05, and a capital letter indicating probability level of 0.01 within the same location. Same as below

2.2 不同列当寄生严重度对向日葵干物质生产的影响

由表 3 可知,白脑包和双河试验点的结果均一致。随着生育期的推进植株干物质呈增加趋势,各处理间表现一致。现蕾期各处理间植株干物质无显著性差异,这与向日葵列当寄生时期呈对应关系;开花期植株干物质积累量表现为 CK 显著高于 L-H

与 H-H,分别高出 14.53%、23.13%和 22.19%、39.89%,L-H 与 H-H 差异不显著;成熟期植株干物质积累量表现为 CK 显著或极显著高于 L-H 与 H-H,分别高出 13.75%、29.45%和 12.18%、29.94%,且 L-H 极显著高于 H-H,分别高出 18.20%和 20.22%。

表 3 不同寄生严重度下向日葵各生育期干物质积累量
Table 3 Dry matter accumulation of sunflower under different broomrape parasitism

地点 County	处理 Treatment	现蕾期 Squaring	开花期 Anthesis	成熟期 Maturity
白脑包镇 Bainaobao	CK	3 494.85 aA	7 326.65 aA	11 745.17 aA
	L-H	3 473.81 aA	6 262.21 bAB	10 129.92 bB
	H-H	3 479.44 aA	5 631.67 bB	8 286.12 cC
双河镇 Sahunghe	CK	2 652.02 aA	5 222.44 aA	8 805.26 aA
	L-H	2 656.67 aA	4 063.41 bA	7 732.49 bA
	H-H	2 685.83 aA	3 139.16 bA	6 169.29 cB

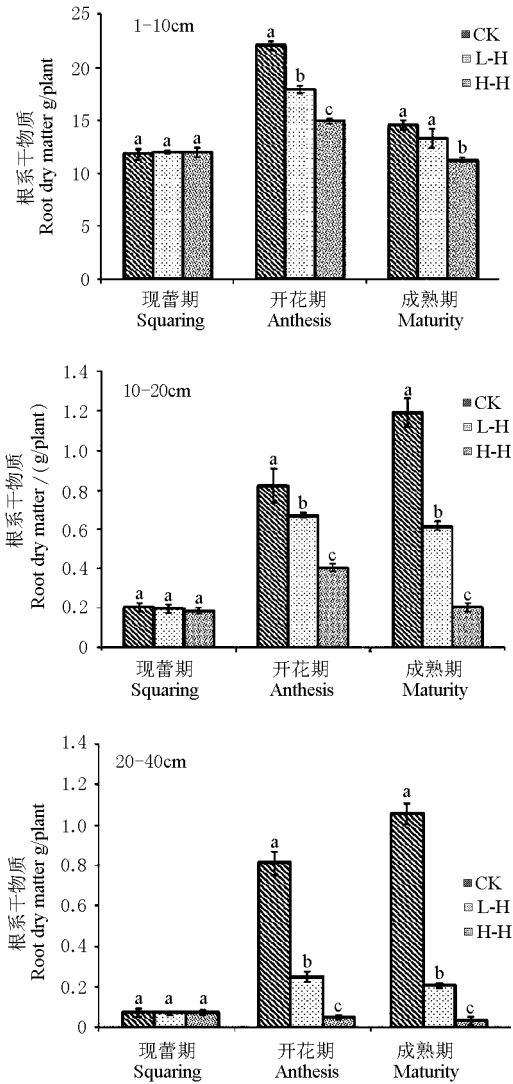
2.3 不同列当寄生严重度对根系生长生理特性的影响

2.3.1 根冠比 由表 4 可知,3 个处理条件下均表现为现蕾期根冠比最大,现蕾期之后根冠比逐渐减小,这与植株现蕾期之后根系增量相对植株干物质的增量较小所致,且无列当寄生危害处理条件下灌

浆期根冠比下降最为显著。现蕾期到开花期植株根冠比无列当寄生处理与轻度寄生危害处理表现为降低,分别下降 9.55%和 13.04%且差异不显著,而重度寄生危害处理表现为升高 15.63%且与另外 2 处理差异显著;开花期到成熟期植株根冠比 3 处理均表现为较小,且处理间差异不显著。

表 4 不同寄生严重度下向日葵各生育期根冠比
Table 4 Root/shoot ratio of sunflower under different broomrape parasitic severity

处理 Treatment	现蕾期 Squaring	开花期 Anthesis	成熟期 Maturity
CK	0.157 aA	0.142 bA	0.061 aA
L-H	0.161 aA	0.140 bA	0.070 aA
H-H	0.160 aA	0.185 aA	0.076 aA



注:CK:无列当寄生危害;L-H:轻度列当寄生危害;H-H:重度列当寄生危害。不同小写字母表示差异达到0.05显著水平。下同
Note: CK: Control; L-H: light harm, light parasitism of sunflower broomrape; H-H: severe harm, severe parasitism of sunflower broomrape. Lowercase letters indicate significant differences at 0.05 level. Same as below

图 1 不同列当寄生严重度条件下向日葵各生育时期不同层位根系
Fig. 1 Root dry matter accumulation of sunflower under different sunflower broomrape parasitism

2.3.2 不同层位根系干物质 由图 1 可知,随着生育进程的推进向日葵根系呈先增加后降低的趋势,开花期达到最大,且各生育时期均以 0~10cm 土层根系为主,占总根系量的 86.85%~97.98%。现蕾

期各处理不同层位根系均无显著性差异,开花期不同土层根系均表现为 CK>L-H>H-H 且处理间差异显著,成熟期不同土层根系均表现为 CK>L-H>H-H,且除 0~10cm 土层根系无列当寄生危害处理与轻度寄生危害处理无显著性差异外,其他各处理层位根系间均存在显著性差异。此外,在开花期与成熟期随着土层深度的增加各处理间根系量差异逐渐增大,以 20~40cm 土层根系各处理间差异最大,无列当寄生危害处理较轻度寄生危害与重度寄生危害处理高出 80.24% 和 96.68%,且成熟期 0~10、10~20 和 20~40cm 根系重度寄生危害处理下降显著,特别是 20~40cm 深层根系下降速度更快,表明列当重度寄生危害使得向日葵深层根系衰老速度加快,进而影响植株后期籽粒灌浆及产量的形成。

2.4 不同列当寄生严重度对向日葵叶面积指数的影响

由图 2 可知,2 个试验点现蕾期与开花期植株叶面积指数变化规律基本一致。现蕾期 3 处理间无显著性差异,开花期白脑包试验点表现为对照与列当轻度寄生危害处理,双河试验点对照处理植株叶面积指数随生育期呈上升趋势,而列当重度寄生危害处理及双河轻度寄生危害处理呈下降趋势,且列当重度寄生危害处理植株叶面积指数下降显著。表明列当寄生危害对向日葵植株叶面积指数均有影响,且重度寄生危害影响达显著水平。

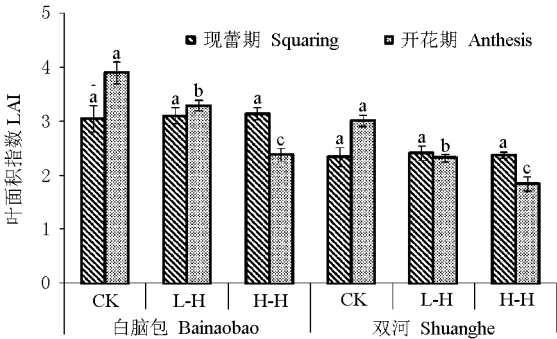


图 2 不同列当寄生严重度条件下向日葵各生育时期叶面积指数
Fig. 2 Leaf area index (LAI) of sunflower under different broomrape parasitic severity

3 讨论与结论

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的发生和危害程度逐年加重,单株向日葵上的列当寄生量显著增加,轻者造成寄主减产,重者导致寄主死亡。向日葵产量因素形成过程,是向日葵

生长发育一系列生理、生化过程的最终结果^[22,23]。由于向日葵产量主要由单位面积内的株数,每株籽实数和千粒重构成,所以,在向日葵生产中,此三要素乘积的大小就是决定向日葵产量高低的主要因素。向日葵列当寄生危害可不同程度降低向日葵产量,前人研究^[15,24,25]表明,随着向日葵列当寄生率及寄生强度的不同,向日葵受害一般减产 30% ~ 45%,严重地块可导致向日葵绝收,但未就向日葵列当寄生危害对产量构成的影响进行详实的说明。本研究中,向日葵列当在轻度寄生危害与重度寄生危害处理条件下,向日葵减产 16.32% ~ 48.70%;并对向日葵产量构成进行了研究,结果表明,收获株数、单盘粒数和百粒重等因素均显著或极显著降低,致使最终向日葵产量下降。

干物质和养分积累是作物器官分化、产量形成的前提,根系对养分的吸收是干物质形成和累积的基础^[26]。与所有作物相同,向日葵生产是群体生产,产量则是群体产量,因此在田间群体条件下研究探讨与向日葵产量形成有关的群体生理参数是非常必要的^[27]。适宜的叶面积指数有利于叶片对光能的吸收,增加光合产物的积累和产量的形成,是优化冠层结构和实现高产稳产的重要基础。在本研究中,由于向日葵列当得到不同程度寄生危害,轻度寄生危害处理与重度寄生危害处理条件下向日葵从开花期到成熟期植株干物质积累量下降了 12.18% ~ 39.89%,且随着生育进程的推进,差异逐渐加大;不同层位根系生物量下降了 16.22% ~ 35.03%,特别是 20 ~ 40cm 土层根系下降了 69.14% ~ 96.68%;植株叶面积指数下降了 15.56% ~ 38.98%。表明向日葵列当寄生危害后,可显著降低灌浆期植株叶面积指数,降低向日葵群体光合速率,进而影响干物质的合成与积累并使得干物质向籽粒转运减少,使向日葵减产。其根本原因在于向日葵列当寄生于向日葵根部吸收养分与水分,使灌浆期及灌浆后期根系正常生长受限,特别是下部深层根系生物量大大减少,从而导致向日葵产量形成关键时期植株得不到正常的养分及水分供给最终导致减产。

参考文献:

[1] 崔良基,梁国战,王德兴,等. 夏播条件下向日葵光合性能与杂交种产量的关系[J]. 中国油料作物学报, 2002,24(1):48-50.

[2] 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.

[3] 王文军. 向日葵资源列当抗性研究[J]. 作物杂志,

2013(3):29-31.

[4] 褚绪轩. 国内外油料作物和食油产销现状及发展趋势[J]. 中国油脂,2002,27(1):85-90.

[5] 相 海,李予明,周海军,等. 世界植物油消费状况[J]. 中国油脂,2003,28(2):68-70.

[6] 吴 艳. 我国食用植物油产销平衡分析与形势预测[J]. 中国油脂,2003,28(7):77-78.

[7] 谭丽萍,张 玮,刘庆鹏. 内蒙古中东部向日葵产业发展现状及存在问题的探讨[J]. 内蒙古农业科技,2010(6):3-4.

[8] 赵菊莲. 我国葵花产业存在的问题及发展思路探讨[J]. 中国种业,2009(1):56-57.

[9] 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 (S1):56-65.

[10] 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 *Orobanche*[J]. Pest Management Science, 2008, 64 (12):1 237 - 1 249.

[11] Dorette M, Jürgen K. The potential of *Ulocladium botrytis* for biological control of *Orobanche* spp. [J]. Biological Control, 2005, 33(3):301-306.

[12] Thomas H, Sauerborn J, Müller - Stöver D, et al. The potential of *Fusarium oxysporum* f. sp. *orthoceras* as a biological control for *Orobanche cumana* in sunflower [J]. Biological Control, 1998, 13(1):41-48.

[13] Müller - Stöver D, Kohlschmid E, Sauerborn J. A novel strain of *Fusarium oxysporum* from Germany and its potential for biocontrol of *Orobanche ramosa*[J]. Weed Research, 2009, 49(2):175-182.

[14] Velasco L, Pérez - Vich B, Yassein A A M, et al. Inheritance of resistance to sunflower broomrape (*Orobanche cumana* Wallr.) in an interspecific cross between *Helianthus annuus* and *Helianthus debilis* subsp. *tardiflorus* [J]. Plant Breeding, 2012, 131(1):220-221.

[15] 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.

[16] 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.

[17] 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.

[18] 任祥祥. 不同品种向日葵刺激列当种子萌发研究[D]. 杨凌:西北农林科技大学, 2012.

[19] 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.

[20] 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.

[21] 任文义,李 毅,马洪锡,等. 向日葵列当对向日葵主要经济性状的影响及防治方法研究[J]. 河北农业大学学报,1992,15(3):63-66.

[22] Vllalobos F J. 种植密度对向日葵杂交种干物质分配及生产力的影响[J]. 农学—油料作物,1994(4):38-41.

[23] 王冀川. 种植密度对油葵单株和群体效应的影响[J]. 塔里木农垦大学学报,2002,(2):10-11.

[24] 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.

[25] 王鹏冬,杨新元,张学武,等. 山西省向日葵列当初报[J]. 山西农业科学,2003,31(2):75-77.

[26] 郑培尧. 作物生理学导论[M]. 北京:北京农业大学出版社,1992. 349.

[27] 崔良基,王德兴,宋殿秀,等. 不同向日葵品种群体光合生理参数及产量比较[J]. 中国油料作物学报,2011,33(2):147-151.

(责任编辑:郭学兰)