



# 土壤条件对向日葵列当寄生的影响

石必显<sup>1</sup>,徐东升<sup>2</sup>,吴元柱<sup>3</sup>,雷中华<sup>1</sup>,赖成霞<sup>1</sup>,赵君<sup>2\*</sup>

(1 新疆农业科学院 经济作物研究所,乌鲁木齐 830091;2 内蒙古农业大学 农学院,呼和浩特 010018;3 新源县农牧机械化学校,新疆新源 835800)

**摘要:**以高感列当的向日葵品种‘龙食葵 2 号’为试验材料,采用室内接种列当温室培养的方法,研究土壤条件对向日葵列当寄生与生长的影响。结果表明:(1)土壤质地对向日葵列当的寄生具有显著影响,培养 50 d 时,沙壤土、壤土、粘土中列当的出土数分别为 32.2、19.5 和 4.6 个,平均单株寄生列当数量分别为 38.8、24.0 和 8.2 个,说明通透性好的沙壤土有利于列当瘤的形成与生长。(2)在沙壤土条件下,随着处理温度的上升,列当的出土数量和寄生数量均呈先升高后降低的趋势;当培养温度为 25 ℃ 和 30 ℃ 时,向日葵列当有较高的寄生数量与生长速度,列当出土数和平均单株寄生列当数量分别为 30.4、31.6 和 39.8、39.4 个。(3)在沙壤土条件下,随着土壤湿度的增加,列当的出土数量和寄生数量呈先升高后降低的变化趋势,并在土壤湿度为 60% 和 70% 达到较高值,列当出土数和平均单株寄生列当数量分别为 32.6、30.9 和 39.9、40.9 个,而在高湿条件下列当的寄生数量显著减少。(4)在沙壤土条件下,随着土壤 pH 值的增加,列当的出土数量和寄生数量也呈先升高后降低的变化趋势,并均在土壤 pH 值为 8 时达到最大值,列当出土数和平均单株寄生列当数量分别为 47.5 和 51.1 个,即列当在偏碱性的土壤环境中有着较高的寄生数量。研究发现,当土壤类型为沙壤土、土壤温度为 25~30 ℃、土壤湿度为 60%~70%、土壤 pH 为 8 时有利于向日葵列当的寄生与生长;在实际生产中应选择中性或偏酸性的非沙壤土地种植向日葵,并注意调整播期和控制田间灌水量,以降低向日葵列当的危害。

**关键词:**向日葵列当;土壤类型;温度;湿度;pH 值

**中图分类号:**Q948.12<sup>+</sup>2.3; Q939.96      **文献标志码:**A

## Effect of Soil Conditions on Sunflower Broomrape Parasitism

SHI Bixian<sup>1</sup>, XU Dongsheng<sup>2</sup>, WU Yuanzhu<sup>3</sup>, LEI Zhonghua<sup>1</sup>, LAI Chengxia<sup>1</sup>, ZHAO Jun<sup>2\*</sup>

(1 Industrial Crops Institute of Xinjiang Academy of Agricultural Sciences, Urumqi 830091, China; 2 Agronomy Department, Inner Mongolia Agricultural University, Hohhot 010018, China; 3 Agriculture and Animal Husbandry Mechanization School of Xinyuan County, Xinyuan, Xinjiang 835800, China)

**Abstract:** In order to study the effects of soil environment on parasitism and growth of sunflower broomrape (*Orobanche cernua*), we used sunflower variety “Longshikui No. 2”, which is high sensitive to sunflower broomrape, as test material and carried out method of inoculating and indoor culture. The results showed that: (1) soil texture had a significant effect on the parasitism of sunflower broomrape. When cultured for 50 days, the number of unearthened broomrape in sandy loam, loam and clay were 32.2, 19.5 and 4.6, respectively and the average parasite of individual plants was 38.8, 24.0 and 8.2, respectively. It showed that the sandy loam with good permeability was beneficial to the formation and growth of broomrape tumor. (2) Under the condition of sandy loam, with the increase of treatment temperature, both the number of unearthened and the number of parasitic quantities increased first and then decreased. When the incubation temperature was 25 ℃ and 30 ℃, the sunflower broomrape had higher parasitic quantities and growth speed and the number of unearthened broomrape and the average parasite of individual plants was

收稿日期:2018-04-25;修改稿收到日期:2018-08-28

基金项目:新疆维吾尔自治区公益性科研院所基本科研业务项目(KY2018035);国家特色油料产业技术体系 (CARS-14)

作者简介:石必显(1981—),男,副研究员,硕士,主要从事油料作物育种与栽培的研究。E-mail:122614591@qq.com

\* 通信作者:赵君,教授,主要从事向日葵病害的研究。E-mail:zhaojun02@imaau.edu.cn

30.4, 31.6, 39.8 and 39.4, respectively. (3) Under the condition of sandy loam, with the increase of soil moisture, the number of unearthened and the number of parasitic quantities firstly increased and then decreased. The numbers were relatively high when soil moisture was 60% and 70%, the number of unearthened broomrape and the average parasite of individual plants were 32.6, 30.9, 39.9 and 40.9, respectively, but the number of parasites decreased significantly under high humidity condition. (4) Under the condition of sandy loam, with the increase of soil pH value, the number of unearthened and the number of parasitic quantities also increased firstly and then decreased, and reached the maximum when the soil pH was 8, the numbers of unearthened and the number of parasitic quantities was 47.5 and 51.1, respectively. There is a high number of parasites in the alkaline soil environment. The study found that sandy loam soil type, soil temperature 25~30 °C, soil moisture 60%~70% and soil pH 8 is beneficial to the parasitism and growth of sunflower broomrape. Therefore, in order to reduce the harm of broomrape, sunflower should be planted in non neutral or acidic non-sandy soil plots, and attention should be paid to adjusting the sowing date and controlling the amount of irrigation in the field.

**Key words:** sunflower broomrape (*Orobanche cumana*); soil type; temperature; moisture; pH value

向日葵列当 (*Orobanche cumana* Wallr.) 又称毒根草、兔子拐棍, 一年生寄生性种子植物, 不含叶绿素, 完全依赖吸收寄主的养分而存活, 在世界范围内对向日葵造成严重危害<sup>[1]</sup>。向日葵被列当寄生以后, 生长缓慢、植株细弱、花盘变小、秕粒增多, 严重的会出现花盘干枯凋萎, 甚至整株死亡<sup>[2]</sup>。1959年, 中国首次报道了向日葵列当在黑龙江肇州县的发生和危害<sup>[3]</sup>。近年来, 由于种子调运频繁、检疫工作滞后以及常年连作等原因, 国内许多省区如内蒙古、新疆、吉林等均有列当发生与危害, 且呈现愈来愈重发展态势<sup>[4]</sup>。

向日葵列当的种子主要在土壤中越冬, 没有遇到寄主时, 存活时间可达 5~15 年<sup>[5]</sup>。列当种子的萌发离不开寄主根系分泌物的刺激, 同时也受到土壤环境条件的影响<sup>[6-7]</sup>。据报道, 向日葵列当种子的适宜萌发温度为 20 °C, 温度低于 10 °C 或高于 35 °C 时都不利于其萌发<sup>[8]</sup>。生产中发现, 向日葵列当在沙壤土地中发生较重, 在黏土地中发生相对较轻; 降雨量较多或土壤长期处于饱和持水状态, 向日葵列当的发生与危害往往较轻<sup>[9]</sup>。Dinesha 等<sup>[10]</sup>研究表明列当在碱性土壤环境中容易发生与生长, 在偏酸的土壤环境中不容易存活。

选择抗列当的向日葵品种是降低列当危害的最经济有效的途径。通常采用盆栽法将列当种子接种到向日葵根部, 根据根系上观察到的列当寄生情况, 对向日葵进行抗列当水平评价。本试验在室内盆栽条件下, 通过研究不同土壤类型、培养温度、土壤湿度和土壤 pH 值对向日葵列当寄生的影响, 旨在探究室内盆栽条件下向日葵列当寄生的最佳土壤条件, 为室内快速、准确地鉴定向日葵抗列当水平和筛选抗性资源工作奠定坚实的理论基础。

## 1 材料和方法

### 1.1 试验材料

供试向日葵品种为‘龙食葵 2 号’(黑龙江农业科学院经济作物研究所选育), 该品种在生产中高感向日葵列当。供试列当种子于 2012 年 8 月采自内蒙古巴彦淖尔地区西小召镇, 去杂后保存于专用种子袋中。供试沙壤土采自乌兰察布市四子王旗, 其 N、P、K 总含量分别为 1 386.9 mg/kg、507.2 mg/kg、1 196 mg/kg, 有机质含量为 2.73%; 壤土采自内蒙古农业大学试验农场, 其 N、P、K 总含量分别为 853.3 mg/kg、595.6 mg/kg、1 654 mg/kg, 有机质含量为 3.2%; 粘土采自巴彦淖尔市五原县葵博园, 其 N、P、K 总含量分别为 1 735.3 mg/kg、487.9 mg/kg、1 216 mg/kg, 有机质含量为 2.81%。

### 1.2 植物材料培养

选用高约 12 cm、直径约 10 cm、容积约 220 mL 的塑料杯作为培养杯, 在杯底打 2 个直径约 3.0 mm 的孔, 并放入 2 层滤纸(通过杯底吸收水分)。将向日葵列当种子与培养土按照 25 mg : 500 g 的比例充分混匀制成接种土。装培养杯时, 先在杯中装入杯容量 1/5 培养土, 接着装入 2/5 接种土, 然后再装入 1/5 培养土。播种时, 先将‘龙食葵 2 号’的种子在 24 °C 水中浸泡 12 h 催芽, 然后在每个培养杯中播 2 粒种子, 出苗后每个杯中留 1 株苗。最后将培养杯放在培养箱中, 在光照强度 8 000 Lx、光照时长 14 h/d 条件下进行培养。各处理在种植过程中均不施肥。

### 1.3 处理设置

**1.3.1 土壤类型处理** 根据中国不同向日葵种植地区的土壤类型, 设置粘土、壤土、沙壤土 3 种土壤处理, 按照上述试验方法播种后, 在室温(25 °C)条

件下进行培养,每3 d在托盘中补充自来水,保证向日葵植株正常生长的需水量。

**1.3.2 温度处理** 以沙壤土为培养土,依据向日葵种植地区生长季节的温度变化,将人工气候箱的温度分别设置15℃、20℃、25℃、30℃和35℃等5个等级,每3 d在托盘中补充适量水分,保证向日葵植株正常生长。

**1.3.3 土壤湿度处理** 以沙壤土为培养土,参照曾小平等试验方法<sup>[11]</sup>将土壤含水量分别设置为土壤田间持水量的50%、60%、70%、80%和90%等5个等级,以所取土壤田间持水量为基数,分别计算出每个处理所需加入的水量,采用称重法进行补水。每3 d补水1次。

**1.3.4 土壤pH处理** 以沙壤土为培养土,取100 g灭菌后放入三角瓶中,然后加入50 mL蒸馏水,充分震荡后静置30 min,取上清液测得pH值。然后用1 mol/L NaOH和1 mol/L HCl将上清液pH分别调为4、5、6、7、8和9,将调好的不同pH值的上清液加入到培养杯中。种植过程中,每3 d在托盘中补充适量调制好的不同pH值的水溶液,保证向日葵植株在均一的pH值条件下生长。

#### 1.4 列当寄生情况统计

所有试验处理均设置10个培养杯,每个试验重复3次。培养到第50天时,观察记载列当的寄生情况,包括列当出土数和单株寄生列当数。列当出土数是指10个培养杯中总的列当出土数,反映出列当寄生后的生长速度情况;平均单株寄生列当数指单个培养杯中列当瘤的个数,反映出植株上列当寄生的数量多少情况(严重程度)。

#### 1.5 数据分析

数据处理用Excel 2010和SPSS17.0软件进行。

## 2 结果与分析

### 2.1 土壤类型对向日葵列当寄生的影响

不同土壤类型处理下,向日葵列当出土个数和平均单株列当寄生数量均显著不同,且均表现为沙壤土>壤土>粘土(图1)。其中,在培养到第50天时,沙壤土、壤土、粘土中10个培养杯中总的列当出土数分别为32.2、19.5和4.6个(3个重复的平均值,下同),它们平均单株列当寄生数量分别为38.8、24.0和8.2个(3个重复的平均值,下同),且土壤类型间均差异显著( $P<0.05$ )。

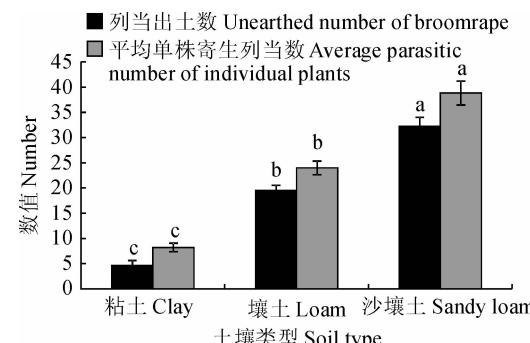
### 2.2 温度对向日葵列当寄生的影响

如图2所示,在培养到第50天时,温度处理为

15℃时没有观察到出土的列当;随着处理温度的上升,列当的出土数量呈现先升高后降低的趋势。其中,当温度处理为30℃时,列当出土数(31.6个)居5个处理之首;当温度处理为25℃时,列当出土数(30.4个)位居其次,且与前者相比较差异不显著;在温度为35℃和20℃的处理下,列当出土个数均显著减少,分别为24.8和15个。同时,随着处理温度的升高,5个处理的单株向日葵列当寄生数量也表现出先升高后降低的趋势。单株向日葵列当寄生数量在处理温度为15℃时最少(8.8个),显著低于其他处理;在处理温度为25℃和30℃时较多,分别为39.8个和39.4个,且两者差异不显著,而显著高于其他处理;在20℃和35℃处理下居中。

### 2.3 土壤湿度对向日葵列当寄生的影响

如图3所示,培养到第50天时,向日葵列当平均出土个数随着处理湿度增加表现出先增加后减少的趋势。其中,在土壤湿度为60%和70%时,列当平均出土个数分别为32.6个和30.9个,显著高于其余处理;当土壤湿度为50%时,列当的出土个数显著下



不同小写字母表示不同处理间在0.05水平存在显著性差异( $P<0.05$ );下同

图1 不同土壤类型下对向日葵列当寄生的变化

The different normal letters indicate significant difference between treatments at 0.05 level; The same as below

Fig. 1 The parasitism of sunflower broomrape under different soil types

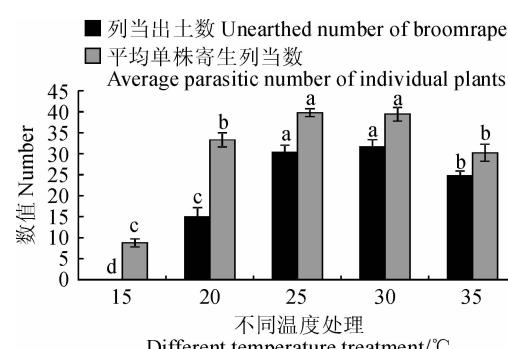


图2 不同温度条件下向日葵列当寄生的变化

Fig. 2 The parasitism of sunflower broomrape under different temperature conditions

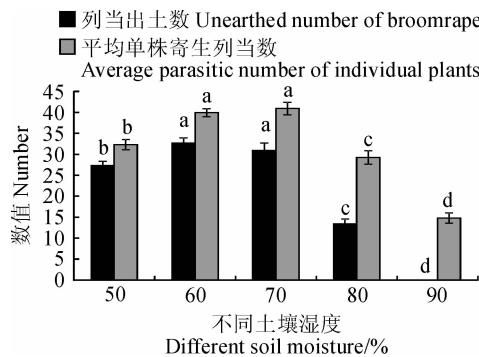


图3 不同土壤湿度下向日葵列当寄生的变化

Fig. 3 The parasitism of sunflower broomrape under different soil moisture conditions

降(27.3个);当土壤湿度为80%时,列当出土个数仅为13.4个;而当土壤湿度为90%时,没有列当出土。同时,随着处理土壤湿度的增加,单株向日葵上列当寄生平均数量同样呈现先升高后降低的趋势。在土壤湿度为60%~70%之间时,单株向日葵上的列当寄生平均数量都较多(介于39~41个之间),二者差异不显著但显著高于其余处理;当土壤湿度处理为90%时,单株向日葵上的列寄生当数量最少,平均为14.8个。可见,高湿条件不利于向日葵列当的寄生。

#### 2.4 土壤pH值对向日葵列当寄生的影响

图4显示,于培养到第50天时,当pH为4时没有发现列当出土;当pH为5~9的范围内,列当出土个数随着pH值的升高呈现先升高后降低的趋势,并以pH=8时的列当出土个数最多(47.5个)。同时,在酸性较强条件下(pH=4),单株向日葵上的列当寄生数量在6个处理中最少,单株平均仅有9.2个;随着pH值的升高,平均单株列当寄生数量也呈现了先升高后降低的趋势,并以pH=8时最多(51.1个);当土壤pH=9时,单株向日葵上的列当寄生数量又出现了降低。可见,在偏碱性的土壤条件下有利于列当对向日葵的寄生。

### 3 讨 论

适宜的温度条件是向日葵生长的重要基础。已有的研究表明,不同温度会对向日葵列当种子的萌发与寄生造成一定的影响。有学者认为,列当萌发的适宜温度为20℃,温度低于10℃或高于35℃时都不适宜于列当种子的萌发<sup>[8]</sup>。宋文坚等<sup>[9]</sup>对不同列当种类进行了研究,发现列当属植物种子的适宜萌发温度为15~25℃,且不同种类列当种子的适宜萌发温度也有所不同。本研究中,当温度为25℃和30℃时,向日葵列当的出土数量和单株向日葵上的列当寄生数较多,这与宋文坚等的研究结果较为相似,说明

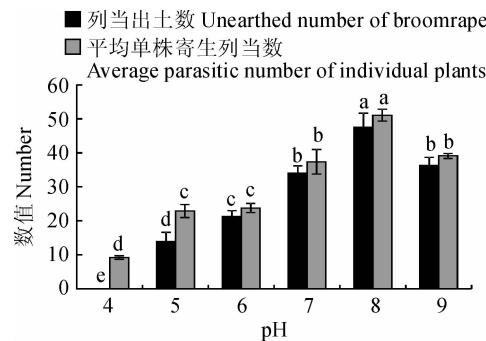


图4 不同土壤pH值下向日葵列当寄生的变化

Fig. 4 The parasitism of sunflower broomrape under different soil pH conditions

适合向日葵列当的萌发和生长的温度范围在25~30℃。陈燕芳等<sup>[12]</sup>认为可以采取调整向日葵播期的方法(比如适期早播)来降低列当危害,其原理就是利用早播条件下苗期地温较低,致使列当种子萌发数量减少,从而降低了列当在苗期对向日葵的危害。

种子在不良环境条件下可产生二次休眠,这是其适应外界环境的一种本能反应,也是物种进行延续的一种保障机制<sup>[13]</sup>。当外界条件不适宜时,向日葵列当种子也会产生二次休眠,在土壤湿度过大时,多数向日葵列当种子处于休眠状态<sup>[14]</sup>。土壤湿度过大时,如长期处于饱和持水状态的地块或降雨量较多的年份,向日葵列当的发生与危害往往较轻<sup>[15]</sup>。本研究中,随着土壤湿度的升高,列当的出土个数和单株向日葵上列当寄生数量均呈现先升高后降低的趋势;当土壤湿度为60%和70%时列当出土个数和单株列当寄生数量较高;当土壤湿度过高时,列当的寄生与生长明显受到抑制,这可能是因为湿度影响到了向日葵列当种子的休眠特性,进而影响到其萌发与寄生。

不同土壤的pH值会对列当的萌发与生长产生影响,Dinesha等<sup>[10]</sup>研究表明列当在碱性土壤环境中(pH>7.0)容易寄生与生长,在土壤偏酸的环境中(pH<7.0)则列当不容易存活。刘颖等<sup>[16]</sup>研究表明,当土壤pH<7.0时,向日葵列当种子的萌发会受到抑制,土壤pH>7.0时,向日葵列当种子容易在寄主根系分泌物的诱导下萌发。本试验中,在pH为4~8范围内,随着处理pH值的升高,单株向日葵上列当寄生数量呈现逐渐增多的趋势,其中在酸性较强条件下(pH=4时),向日葵上的列当寄生数量最少。本试验结果与前人的研究相似,表明酸性环境下不适宜向日葵列当的萌发和生长,偏碱性的环境有利于向日葵列当的寄生。

向日葵根系分泌物中含有去氢木香内酯等外源信号物质,这些物质能够破除列当种子的休眠状态,刺激其萌发<sup>[17]</sup>。土壤的通透性条件会对植物根系的

发育产生影响,进而影响到根系分泌物的产生<sup>[18]</sup>。已有的研究表明,向日葵列当在通透性好的地块,如沙壤土地中的发生程度往往较重,在黏土地块中的发生程度较轻,这可能是沙性土壤的通透性较好而导致的<sup>[19]</sup>。本试验通过采用不同类型的土壤作为培养基质,发现用粘土作为培养基质时,植株根系上的寄生列当数量偏少,且出现有烂根现象;用沙壤土作为培养基质时,列当出土个数和单株上列当寄生数量明显增加。不同类型土壤作为培养基质时,基质的通透性有较大差异,可以初步判断该试验结果可能与土壤的通透性有较大关系,但不同基质间的肥力情况也有所不同,所以,土壤肥力也可能会影响到试验结果。

向日葵列当种子主要在土壤中进行存活和侵染,只有环境条件适宜时,列当种子才能够萌发并与向日葵根系建立寄生关系。本研究是在室内条件

下,通过培养杯内接种列当的方法,初步摸索了不同土壤类型、不同培养温度、土壤湿度及土壤pH值等对向日葵列当的寄生与生长的影响,试验结果主要局限于室内培养研究。但生产中的田间土壤环境条件比较复杂,所以,今后应设置更多的处理比如土壤肥力试验,研究其他土壤条件对向日葵列当寄生的影响,进一步完善试验结果。

综上所述,本研究在室内人工控制环境的条件下,在培养杯内接种列当的试验结果表明:沙壤土作为培养基质时有利于向日葵列当的寄生与生长,向日葵列当萌发与寄生的适宜培养温度为25~30℃,适宜土壤湿度为60%~70%,适宜土壤pH值在8左右。研究结果初步探明了室内快速培养列当的试验条件,为后续向日葵列当生理小种鉴定、向日葵抗列当室内筛选以及研究列当与植株间互作机制等工作奠定了基础。

## 参考文献:

- [1] 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.  
BAI S E. Identification and prevention of sunflower broomrape[J]. *Chinese Agricultural Science Bulletin*, 1994, 10(6): 34-37.
- [2] ALCÁNTARA E, MORALES-GARCÍA M, DÍAZ-SÁNCHEZ J. Effects of broomrape parasitism on sunflower plants: growth, development, and mineral nutrition[J]. *Journal of Plant Nutrition*, 2006, 29(7): 1 199-1 206.
- [3] 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.  
GUAN H J. A preliminary report on the occurrence and harm of sunflower broomrape in Heilongjiang Province [J]. *Crops*, 2007.4: 86-87.
- [4] 赵秀红. 巴彦淖尔市向日葵列当发生及防治技术[J]. 中国农业信息, 2014, 3: 102.  
ZHAO X H. Occurrence and control techniques of sunflower in Bayannaoer[J]. *Agricultural Information in China*, 2014, 3: 102.
- [5] SLAVOV S, VAN ONCKELEN H, BATCHVAROVA R, et al. IAA production during germination of *Orobanche* spp. seeds[J]. *Journal of Plant Physiology*, 2004, 161(7): 847-853.
- [6] 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.
- [7] 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.  
HE F L, HUANG C Q, YI K X, et al. Study on the mechanism of sunflower broomrape germination[J]. *Crops*, 2012, 6: 105-110.
- [8] 陈明, 薛丽静. 向日葵列当的发生规律及防治措施[J]. 现代农业科技, 2009, (8): 85.  
CHEN M, XUE L J. The occurrence and prevention of sunflower broomrape[J]. *Modern Agricultural Science and Technology*, 2009, (8): 85.
- [9] 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 specificity and identification mechanism of parasitic plants [J]. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2006, 17(2): 335-339.
- [10] DINESHA M S, DHANAPAL G N. Broomrape (*Orobanche 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.
- [11] 曾小平, 赵平, 蔡锡安, 等. 不同土壤水分条件下焕镛木幼苗的生理生态特性[J]. 生态学杂志, 2004, 23(2): 26-31.  
ZENG X P, ZHAO P, CAO X A, et al. Physioecological characteristics of *Woonyoungia septentrionalis* seedlings under various soil water conditions[J]. *Chinese Journal of Ecology*, 2004, 23(2): 26-31.
- [12] 陈燕芳, 赵君, 金玉华, 等. 不同播期对向日葵列当发生的影响[J]. 现代农业科技, 2014, (13): 136.  
CHEN Y F, ZHAO J, JIN Y H, et al. Effects of different sowing dates on the occurrence of sunflower broomrape[J]. *Modern Agricultural Science and Technology*, 2014, (13): 136.
- [13] ROBERTS E H. Temperature and seed germination[C]//Symposia of the Society for Experimental Biology. 1988, 42: 109-132.
- [14] ŠKORIĆ D, Pacureanu M. Sunflower breeding for resistance to broomrape (*Orobanche cumana* Wallr.) [C]//Proceedings of the International Symposium. Sunflower Breeding on Resistance to Diseases. Krasnodar, Russia. 2010: 19-30.
- [15] 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.  
SONG W J, CAO D D, JIN Z L, et al. Factors affecting seed germination of root parasitic plants[J]. *Seed*, 2005, 24(2): 44-47.
- [16] 刘颖, 齐艳春, 任丽梅. 向日葵列当发生特点及防除对策[J]. 上海农业科技, 2007, (1): 102.  
LIU Y, QI C Y, REN L M. The characteristics and prevention measures of sunflower broomrape[J]. *Agricultural Science and Technology in Shanghai*, 2007, (1): 102.
- [17] DHANAPAL G N, STRUIK P C, UDAYAKUMAR M, et al. Management of broomrape (*Orobanche* spp.)-a review[J]. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 1996, 176(5): 335-359.
- [18] 吴彩霞, 傅华. 根系分泌物的作用及影响因素[J]. 草业科学, 2009, 26(9): 24-29.  
WU C X, FU H. Effect and influencing factors of root exudates[J]. *Pratacultural Science*, 2009, 26(9): 24-29.
- [19] 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.  
SONG W J, CAO D D, JIN Z L, et al. Factors affecting seed germination of root parasitic plants[J]. *Seed*, 2005, 24(2): 44-47.