

## 多种环境因素对荠菜萌发和出苗的影响

吕学深,张乐乐,李琦,赵孔平,王金信  
(山东农业大学植物保护学院,山东泰安 271018)

**摘要:**为研究不同环境因素对荠菜种子萌发和出苗的影响,在室内条件下,设计不同温度、光照、酸碱度、盐浓度、渗透压和埋藏深度进行荠菜萌发试验。试验结果表明,荠菜种子最适萌发温度为恒温20℃和变温20℃/15℃,并且随着温度的升高,初始萌发时间缩短;种子萌发对光强不敏感;在不同酸碱度处理下,中性(pH 7)发芽率最高,过酸或过碱条件下,种子发芽率急剧下降;种子萌发对盐浓度的敏感性不高,在120 mmol/L NaCl的条件下仍然可以萌发;种子对渗透势很敏感,当渗透势大于-0.9 MPa时,萌发完全被抑制;种子位于土壤表层时,出苗率会最高,但随着埋藏深度的增加出苗率逐渐减少,当埋藏深度超过1.2 cm时,出苗完全被抑制。

**关键词:**荠菜;环境因素;萌发率;出苗率

中图分类号:S481.4

文献标志码:A

论文编号:casb16100091

### Influence of Environmental Factors on Seed Germination and Seedling Emergence of *Capsella bursa-pastoris*

Lv Xueshen, Zhang Lele, Li Qi, Zhao Kongping, Wang Jinxin

(College of Plant Protection, Shandong Agricultural University, Tai'an Shandong 271018)

**Abstract:** Laboratory seed germination experiments were conducted to determine the influence of various environmental factors, including temperature, light, pH value, salt stress, osmotic stress, and depth of sowing, on seed germination and seedling emergence of *Capsella bursa-pastoris*. The optimum germination occurred at constant temperature 20℃ and fluctuating temperature 20℃/15℃, and the onset of germination was shortened as temperature increased. Alternate light and dark did not have any effect on the germination of *Capsella bursa-pastoris* seeds. The highest germination in *Capsella bursa-pastoris* was found under neutral conditions (pH 7) with different pH value treatments; germination decreased sharply under increasing acidity and alkalinity. Seed germination was tolerant to salinity: germination still occurred at 120 mmol/L NaCl (21%), but it was sensitive to osmotic potential and totally inhibited at osmotic potential > -0.9 MPa. Seedling emergence was the highest when seeds were placed on the soil surface but declined with burial depth increasing, and no more emergence was observed with burial depth more than 1.2 cm.

**Key words:** *Capsella bursa-pastoris*; environmental factors; germination rate; emergence rate

## 0 引言

荠菜为十字花科荠菜属中一年或二年生草本植物,是华北地区、西南地区和长江流域小麦田的主要杂

草。荠菜主要危害冬小麦、稻茬麦和油菜等冬春作物。依靠适应性强、多实性等竞争优势,荠菜已经成为中国主要小麦产区内的恶性杂草之一<sup>[1-2]</sup>。同时,由于

**基金项目:**国家公益性行业(农业)科研专项“杂草抗药性监测及治理技术研究与示范”(201303031)。

**第一作者简介:**吕学深,男,1992年出生,山西太原人,硕士,研究方向为农药毒理与有害生物抗药性。通信地址:271018 山东省泰安市岱宗大街61号 山东农业大学植物保护学院,E-mail:466932654@qq.com。

**通讯作者:**王金信,男,1961年出生,山东胶南人,教授,博士,主要从事农药毒理与应用研究。通信地址:271018 山东省泰安市岱宗大街61号 山东农业大学植物保护学院,Tel:0538-8241114,E-mail:wangjx@sdau.edu.cn。

**收稿日期:**2016-10-24,修回日期:2017-03-10。

芥菜自身具有食用及药用价值,芥菜也被作为蔬菜和药材大量栽培种植。通常种子的萌发和出苗受到很多环境因素的影响,比如温度、光照、湿度、酸碱度、埋藏深度等<sup>[3-5]</sup>,掌握不同环境因素对芥菜萌发产生的影响,对小麦田恶性杂草芥菜的综合治理及预测种植蔬菜芥菜适生区来说,具有十分重要的参考价值。亚吉东等<sup>[6]</sup>探究了温度对芥菜萌发的影响,Popay等<sup>[7]</sup>探究了不同光照对芥菜萌发的影响,但是影响种子萌发的环境因素包含温度、光照、酸碱度、盐浓度、渗透压和埋藏深度等多个方面,不同因素对种子萌发产生的影响需要进行全面的探究。因此,进行详细的多种环境因素对芥菜种子萌发和出苗影响的试验,对于小麦的保产增收及芥菜优质培育意义重大。笔者通过测定不同温度、光照、酸碱度、盐浓度、渗透压和埋藏深度等环境因素对芥菜种子萌发和出苗的影响<sup>[8-13]</sup>,为设定芥菜最适种植环境及制定抑制芥菜发生发展的农业措施提供理论支持。

## 1 材料与方法

### 1.1 种子来源

试验所用芥菜种子采集于2014年,采集地点为河南省驻马店市小麦田。采集的成熟芥菜种子清洁晒干后放置于牛皮纸袋内,4℃下贮存,备用。

### 1.2 萌发测试

在直径为9 cm的带盖培养皿内铺垫2张滤纸,每个培养皿内分别添加5 mL蒸馏水或处理溶液。每皿中均匀摆放50粒芥菜种子。置于20℃的培养箱中培养,每天光照时间为12 h。当水分有损失时,及时补加蒸馏水,确保种子萌发所需水分。每天记录发芽种子的数量,记录20天以上,直至没有种子萌发为止。种子出现可见的胚根视为萌发<sup>[14]</sup>。根据培养皿中的芥菜的发芽数,计算发芽率。试验测定河南省驻马店市所采集成熟芥菜种群种子萌发率100%,符合试验要求,可以进行进一步试验测定。

### 1.3 试验处理

1.3.1 温度 培养箱内设定6个恒定温度(5、10、15、20、25、30℃),及5个变动温度(5℃/10℃、10℃/15℃、15℃/20℃、20℃/25℃、25℃/30℃),用以确定温度对芥菜的影响。每天光照12 h,光照与变温中的高温重合。其他所有的环境条件与上述预试验一致。

1.3.2 光照 试验设定完全黑暗(24 h暗/0 h光)、全光照(0 h暗/24 h光)、交替光暗(12 h暗/12 h光)3个处理,将培养皿放置于恒温20℃不同光照设置的培养箱中培养,20天后统计萌发情况。

1.3.3 pH值 为测定pH值对芥菜种子萌发的影响,分

别设定缓冲溶液为pH 4、5、6、7、8、9、10。其他环境条件与预试验保持不变。

1.3.4 盐浓度 将芥菜种子分别放在浓度为0、20、40、80、160、200 mmol/L的NaCl溶液中培养,以确定盐分胁迫对种子萌发的影响。

1.3.5 渗透压 分别溶解0、54、107、145、175、201、224 g的聚乙二醇-8000于1 L蒸馏水中,使不同处理水分渗透势分别为0、-0.1、-0.5、-0.7、-0.9、-1.1 MPa<sup>[15]</sup>。用以测定渗透势对芥菜种子萌发产生的影响。

1.3.6 埋藏深度 采用直径15 cm、高13 cm的塑料花盆进行深度埋藏试验,土壤pH 6.4,有机质含量为1.7%。将100粒种子分别播种于距离土壤表层0、0.2、0.4、0.8、1.0 cm处。花盆放置于每天12 h光照、温度20℃/15℃的培养箱内培养。定期浇水以保证土壤湿度。子叶露出土壤表层视为出苗,每天统计出苗数,直至没有出苗现象为止。

### 1.4 数据分析方法

在所有的试验中,每个处理重复4次,随机设计。所有试验重复3次。在分析前,种子萌发率进行反正弦平方根转化,使之满足方差齐性的要求<sup>[16]</sup>。根据Bartlett球形检验,变量的同质性没有因反正弦平方根转化而有所改变。在进行单因素方差分析前,将重复试验的数据加以结合。各试验处理间作用差异不显著( $P < 0.05$ )。当 $P = 0.05$ 时,使用LSD检验,可以发现各处理间作用差异显著。

不同温度下芥菜种子萌发率50%所需要的天数计算如式(1)。

$$t_{50} = (Hp - Lp) - 1 + L \dots\dots\dots (1)$$

式(1)中, $L$ 表示萌发率达到50%前的最后一天的天数, $Lp$ 表示第 $L$ 天时种子的萌发百分比, $Hp$ 表示萌发率达到或者超过50%时的天数<sup>[17]</sup>。

将在不同盐浓度或者渗透式的种子萌发率的数值,用绘图软件SigmaPlot 12.5版绘制出三参数S型曲线模型,如式(2)。

$$G = \frac{G_{\max}}{1 + \exp[-(x - x_{50})Grate]} \dots\dots\dots (2)$$

式(2)中, $G$ 表示在不同盐浓度或者渗透势 $x$ 下的总萌发率, $G_{\max}$ 表示最大萌发率; $x_{50}$ 表示萌发率为50%时的盐浓度或者渗透势; $Grate$ 表示曲线的斜率。

不同埋藏深度对种子出苗率的影响符合线性方程如式(3)。

$$E = E_{\max} + Grate x \dots\dots\dots (3)$$

式(3)中, $E$ 表示埋藏深度为 $x$ 时的总出苗率, $E_{\max}$ 表示最大出苗率, $Grate$ 表示斜率。

## 2 结果与分析

### 2.1 温度

5~20℃的恒温范围内,随着温度上升,芥菜种子的萌发率由38%上升至99%。当温度高于25℃时,萌发率显著降低,温度为30℃时种子不再萌发(图1)。因此芥菜种子最佳萌发温度范围为15~20℃,并且无论是在恒温还是变温处理下,超过30℃都会限制种子发芽。在5~20℃的温度范围内,随着温度的升高,发芽率达到50%的时间( $t_{50}$ )会逐渐缩短(表1)。

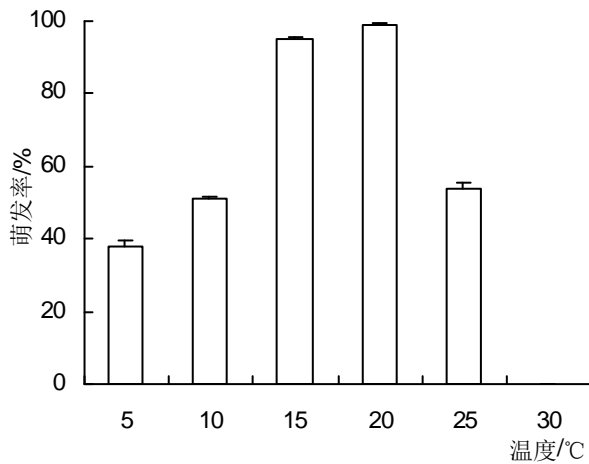


图1 温度对芥菜种子萌发的影响

表1 不同温度处理下芥菜萌发率及种子首次萌发与达到50%萌发率所需时间

温度/°C	初始萌发天数/d	萌发率/%	$t_{50}$ /d
5	12	38	NE
10	10	51	13.9
15	5	95	8.4
20	3	99	5.7
25	4	54	16.9
30	0	0	NE
10/5	13	48	NE
15/10	6	61	9.7
20/15	3	100	4.8
25/20	2	99	3.2
30/25	6	4	NE

注:NE表示无法测定,萌发率在处理中未达到50%。

### 2.2 光照

在完全黑暗(0 h/24 h)的条件下,发芽率为98%,然而在完全光照条件(24 h/0 h)下,发芽率为97%。在光暗交替(12 h/12 h)照射条件下发芽率增至99%。这表明芥菜种子的萌发对光照时间并不敏感。

### 2.3 pH值

在pH 7的条件下,芥菜种子表现出最大萌发率(95%),在pH 6、8、9时,萌发率略低。在pH 5和pH 10时,萌发率达到最低,当pH 4时,种子不再萌发(图2)。

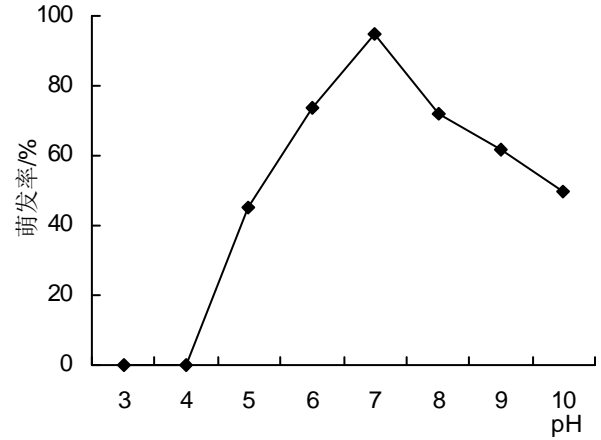


图2 不同的pH值条件下芥菜种子的萌发率

当pH 6~9时,芥菜种子萌发率都超过70%,证明只有在极端pH值的条件下,萌发才会被抑制。芥菜种子在pH 6~9范围内都能有较高萌发率,这说明在大部分土壤环境中,pH值都很难成为限制种子萌发的因素。

### 2.4 盐浓度

三参量曲线模型  $G = \frac{111.79}{1 + e^{\frac{x-67.85}{30.71}}}$ ,  $r^2=0.99$ , 描述了

芥菜种子的萌发率和盐浓度之间的关系(图3)。NaCl的浓度为0 mmol/L时,萌发率为99%,当浓度为120 mmol/L时,萌发率降低至21%。当浓度为160 mmol/L时,萌发被完全抑制,此数据表示部分芥菜种子较高盐浓度下依然可以萌发。

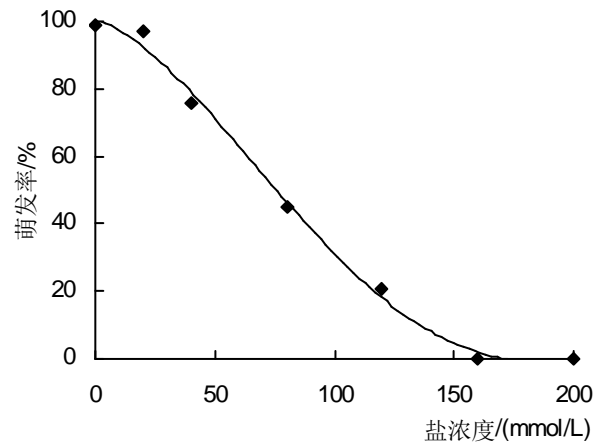


图3 盐胁迫对芥菜种子萌发的影响

### 2.5 渗透压

三参量曲线模型  $G = \frac{104.70}{1 + e^{\frac{x-0.43}{0.16}}}$ ,  $r^2=0.99$ , 描述了渗透压对芥菜种子萌发的影响(图4)。随着渗透压由0降低至-0.7 MPa, 萌发率不断降低。当渗透势 > -0.9 MPa时, 萌发被完全抑制。这表明芥菜种子对于水势非常敏感并且在极端的低水势条件下不会萌发。

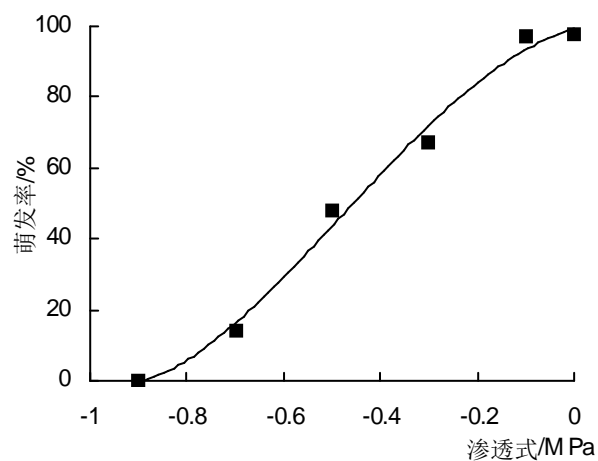


图4 渗透压对芥菜种子萌发的影响

### 2.6 埋藏深度

埋藏深度由0~1.0 cm 逐渐增加时, 出苗率急剧减少( $E=101.64-91.07x$ ,  $r^2=0.99$ )。当种子撒播在土表时, 出苗率最大(100%); 当埋藏深度为1.2 cm时, 出苗被完全抑制(图5)。

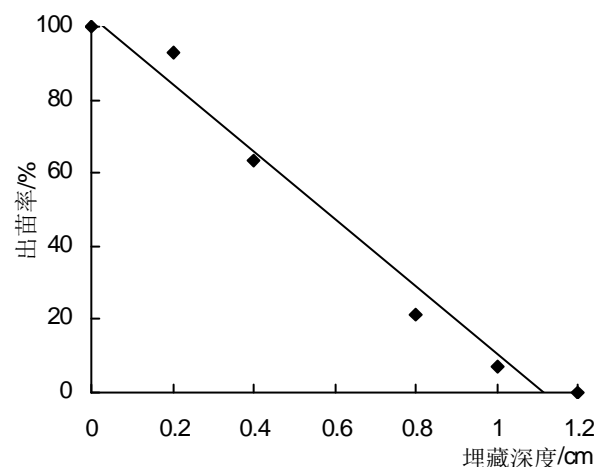


图5 埋藏深度对芥菜种子出苗的影响

## 3 结论

笔者在室内条件下, 对芥菜种子进行了不同环境因素对萌发及出苗影响实验, 结果显示: (1) 芥菜种子

的萌发最适温度为15~20℃, 且在较大温度范围内均可以萌发。因此对于温度适宜的中国华北地区、西南地区 and 长江流域主要小麦产区而言, 温度并不能限制芥菜种子的萌发。(2) 光照和pH值对芥菜种子的萌发并没有显著影响, 只有在极端光照(全黑暗)及极端pH值(极酸pH<4或极碱pH>10)条件下才会出现对萌发的抑制。因此在中国小麦产区由南向北pH值逐渐增加, 土壤酸碱度由弱酸性至偏碱性的大环境条件下, 麦田内芥菜种子的萌发基本不会受到抑制。(3) 芥菜种子萌发率在0~120 mmol/L 范围内随着盐浓度的增加而降低, 但是完全抑制芥菜种子的萌发需要的盐浓度160 mmol/L 以上。因此实际农业生产中无法通过改变农田土壤盐度抑制农田杂草芥菜种子的萌发。(4) 芥菜种子的萌发对水势非常敏感, 渗透势>-0.9 MPa时, 芥菜种子的萌发就已经被完全抑制。因此, 其芥菜在田间的传播扩散会受到土壤含水量的限制, 适时翻耕晾晒会限制芥菜萌发及扩散, 但同时, 稻麦轮作的地块因渗透势较低会加剧芥菜危害的发生。(5) 埋藏深度对芥菜萌发的影响试验中, 土壤表层的芥菜出苗率最高, 随着埋藏深度的增加, 出苗率不断降低。因此芥菜具有成为免耕田问题杂草的潜力, 同时种植前的深耕可以有效降低麦田中芥菜种子的萌发率。

## 4 讨论

本研究中芥菜种子的萌发和出苗受到多种环境因素的影响, 同时也对某些环境因素并不敏感。对温度而言, 15~20℃为最适萌发温度的结论不同于Popay和Robert提出的25℃最适宜芥菜萌发的研究结果<sup>[7]</sup>, 这可能与所进行试验的芥菜种子采集于不同地区有关。同时, 恒温 and 变温处理的数据比较显示, 变化的温度体系能够增加发芽率。这说明变温更适合芥菜种子的萌发。之前有关的研究表明, 许多其他物种在变温体系中都有更高的发芽率<sup>[18-19]</sup>, 与本试验结果一致。对光照而言, 包括那达草(*Melinis repens*)<sup>[20]</sup>、节节麦(*Aegilops tauschii*)<sup>[21]</sup>以及雀麦(*Bromus japonicus*)<sup>[22]</sup>在内的多种杂草种子的萌发均与光照时间无关, 这使得种子在土壤表层以下萌发成为可能。对pH值、盐浓度、渗透势而言, 许多其他种类的杂草同芥菜种子一致, 如节节麦<sup>[21]</sup>以及雀麦<sup>[22]</sup>等, 都有pH值萌发范围大、对盐浓度不敏感、对渗透势敏感等特征。对埋藏深度而言, 与芥菜种子类似, 存在许多其他的杂草种子出苗率也随着埋藏深度的增加而减少<sup>[23-24]</sup>。据调查, 光线很难到达土壤表层下4 mm处<sup>[25]</sup>, 尽管此次试验结果表明光照强度对于芥菜种子萌发并不是必要条件, 但在试验中完全黑暗条件下处理20天后萌发的芥菜呈现白化苗, 意味

着光照对于芥菜种子萌发后的出苗过程是非常重要的。与此同时,芥菜种子体积小,不能储存足够的营养来供给萌发后的生长。以上2个因素是导致芥菜出苗率随着埋藏深度的增加而急剧减少的重要原因。本试验探究了包括温度、光照、酸碱度、盐浓度、渗透势和埋藏深度在内的多种环境因素对芥菜种子萌发及出苗的影响,初步确定了芥菜的最适萌发环境条件,为食用芥菜种植中的萌发环境的设定提供了理论依据,同时,根据芥菜种子萌发对水势的敏感性及埋藏深度对萌发的影响,可制定与之对应的农业生产中翻耕晒土及深耕后播种等小麦田防控芥菜发生发展的农业措施。本研究仅对室内条件下的芥菜萌发条件进行了试验,后续将在大田环境条件下对芥菜的萌发及出苗影响因素做进一步的探究,以期对芥菜的田间防控提供更有力的帮助。

### 参考文献

- [1] 刘君良,王金信,刘伟堂.中国北方部分地区麦田芥菜对苯磺隆的抗性水平[J].农药学报,2011,13(4):347-353.
- [2] 毕亚玲,刘君良,王兆振.麦田抗性生物型芥菜对苯磺隆的抗性机制研究[J].农药学报,2013,15(2):171-177.
- [3] Baskin C C, Baskin J M. Seed: Ecology, Biogeography, and Evolution of Dormancy and Germination[M]. New York: Academic, 1998:12-13.
- [4] Chauhan B S, Gill G, Preston C. Influence of environmental factors on seed germination and seedling emergence of rigid ryegrass (*Lolium rigidum*)[J]. Weed Science, 1998,54:1004-1012.
- [5] Chauhan B S, Johnson D E. The role of seed ecology in improving weed management strategies in the tropics[J]. Advances in Agronomy,2010,105:221-262.
- [6] 亚吉东,李树珍,申仕康,等.芥菜种子萌发特性[J].种子,2009,28(1):37-39.
- [7] Popay A I, Roberts E H. Factors Involved in the Dormancy and Germination of *Capsella bursa-pastoris* (L.) Medik. and *Senecio vulgaris* L.[J]. Journal of Ecology,1970,58:103-122.
- [8] Grace E K, Bolfrey A, Bhagirath S, et al. Seed Germination Ecology of Itchgrass (*Rottboellia cochinchinensis*) [J]. Weed Science,2011,59:182-187.
- [9] Megh S, Analiza H M, Shiv D S, et al. Factors Affecting the Germination of Tall Morningglory (*Ipomoea purpurea*) [J]. Weed Science,2012,60:64-68.
- [10] Clifford H K, Krishna N R, Daniel H P. Factors affecting seed germination, seedling emergence, and survival of texasweed (*Caperonia palustris*)[J]. Weed Science,2004,52:989-995.
- [11] Benvenuti S, Macchia M, Miele S. Light, temperature and burial depth effects on *Rumex obtusifolius* seed germination and emergence[J]. Weed Research,2001,41:177-186.
- [12] Demosthenis C, Krishna N R. Factors affecting *Campsis radicans* seed germination and seedling emergence[J]. Weed Science,2000,48:212-216.
- [13] Neha R, Barton J W, Brent A S, et al. Effects of Environmental Factors on Seed Germination and Emergence of Smutgrass (*Sporobolus indicus*) Varieties[J]. Weed Science,2012,60:558-563.
- [14] Chauhan B S, Johnson D E. Germination ecology of goosegrass (*Elusine indica*): an important grass weed of rainfed rice[J]. Weed Science,2008,56:699-706.
- [15] Michel B E, Radcliffe D. A Computer Program Relating Solute Potential to Solution Composition for Five Solutes[J]. Agronomy Journal,1995,87:126-130.
- [16] Steel R G D, Torrie J H. Principles and Procedures of Statistics[M]. New York: McGraw-Hill,1960:158
- [17] Li X, Zhang M, Wei S, et al. Influence of environment factors on seed germination and seedling emergence of yellowtop (*Flaveria bidentis*)[J]. Pak Journal Weed Science Research,2012,18:317-325.
- [18] Ghersa C M, Bence Arnold R L, Martinez-Ghersa M A. The role of fluctuating temperatures in the germination and establishment of *Sorghum halepense*. Regulation of germination under leaf canopies [J]. Functional Ecology,1988:311-318.
- [19] Evers G W. Germination response of subterranean, berseem, and rose clovers to alternating temperatures[J]. Agronomy Journal,1991,93:1000-1004.
- [20] Stokes C A, MacDonald G E, Adams C R, et al. Seed biology and ecology of natalgrass (*Melinis repens*) [J]. Weed Science,2011,59:527-532.
- [21] Fang F, Zhang C X, Wei S H, et al. Factors affecting Tausch's goatgrass (*Aegilops tauschii* Coss.) seed germination and seedling emergence[J]. J Agricultural Science,2012,4:114-121.
- [22] Li Q, Tan J N, Li W, et al. Effects of Environmental Factors on Seed Germination and Emergence of Japanese Brome (*Bromus japonicus*)[J]. Weed Science,2015,63:1-10.
- [23] Fandrich L, Mallory-Smith C A. Factors affecting germination of jointed goatgrass (*Aegilops cylindrica*) seed[J]. Weed Science,2006,54:677-684.
- [24] Rao N, Dong L Y, Li J, et al. Influence of Environmental Factors on Seed Germination and Seedling Emergence of American Sloughgrass (*Beckmannia syzigachne*) [J]. Weed Science,2008,56:529-533.
- [25] Benvenuti S. Soil light penetration and dormancy of Jimsonweed (*Datura stramonium*) seeds[J]. Weed Science,1995,43:389-393.