

不同环境因素对节节麦萌发的影响

王晓阳, 于海燕, 杨娟, 崔海兰, 于惠林, 李香菊*

(中国农业科学院植物保护研究所, 北京 100193)

摘要 节节麦 *Aegilops tauschii* Coss. 是麦田难治杂草, 研究环境条件对节节麦发芽的影响对预测其适生区域及综合治理有重要意义。以采自陕西、山东和河南的 3 个节节麦种群为对象, 通过室内和室外萌发试验研究了水势、pH、盐分和播种深度与节节麦萌发的关系。结果表明, 3 个节节麦种群在不同的环境条件下表现出相似的萌发及出苗特性, 其萌发对水势敏感, 发芽率随水势的下降而降低, 当渗透势小于 -1.0 MPa 时, 种子不萌发; 节节麦萌发对 pH 要求不高, 在 pH 3~10 条件下发芽率均超过 70%; 其萌发具有一定的耐盐性, 盐浓度为 0 mmol/L 时, 发芽率最高, 盐浓度大于 420 mmol/L 时, 节节麦不能萌发; 节节麦出苗率随播种深度的增加而降低, 播种在土壤表面时, 出苗率最高, 播种深度大于 10 cm 时, 未发现节节麦出苗。3 个节节麦种群发芽对上述不同环境因子的反应差异不显著。

关键词 节节麦; 萌发; 水分胁迫; 盐分胁迫; pH; 播种深度

中图分类号: S 451, S 512.1 **文献标识码:** A **DOI:** 10.16688/j.zwbh.2018244

Effects of different environmental factors on seed germination of *Aegilops tauschii* Coss.

WANG Xiaoyang, YU Haiyan, YANG Juan, CUI Hailan, YU Huilin, LI Xiangju

(Institute of Plant Protection, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100193, China)

Abstract Laboratory and greenhouse experiments were conducted to determine the effects of water potential and salinity stress, pH and planting depth on germination of three populations of *Aegilops tauschii* from Shanxi, Shandong and Henan provinces. *Aegilops tauschii* seeds were sensitive to high water potential, and its germination decreased with the reduction of water potential. Furthermore, the seed germination was completely inhibited at an osmotic potential of -1.0 Mpa. The seeds can germinate over a wide range of pH level. There was no significant differences in germination of *Aegilops tauschii* under the pH value ranged from 3 to 10, with germination rate over 70%. The seeds of *A. tauschii* were relatively tolerant to salt and failed to germinate when the concentration of NaCl was over 420 mmol/L. Maximum seedling emergence occurred when the seeds were placed on the surface of the soil and seedling emergence decreased when increasing the sowing depth. No seed emerged at the sowing depths of 10 cm or over 10 cm. There was no significant differences in seed germination among the three populations collected from different sites.

Key words *Aegilops tauschii*; germination; water stress; salinity stress; pH; sowing depth

节节麦 *Aegilops tauschii* Coss. 又名“粗山羊草”, 是我国冬小麦田主要恶性杂草之一。张朝贤等^[1]2007 年报道, 节节麦在河北、山西、山东、河南、重庆、陕西、内蒙古和江苏等省(市、区)麦田发生危害。本实验室 2017 年调查发现, 其已扩散至我国 15 个省市, 其中包括 10 个小麦主产省。节节麦与小麦竞争水肥、光照等生长资源, 对小麦生长造成不同程度影响, 从而降低小麦产量、品质^[2]。当节节麦

密度为 50 株/m² 和 200 株/m² 时, 小麦分别减产 19.12% 和 47.26%^[3]。节节麦生活史与小麦相近, 在田间 9 月初至 11 月初出苗, 翌年 5 月底至 6 月初成熟, 成熟时穗轴边成熟边脱落^[4], 落在地表的小穗形成土壤种子库。节节麦可通过引种和联合收割机携带种子远距离传播。因此, 节节麦种子的萌发及出苗能力对其发生及扩散尤为重要。

种子萌发与其本身和外环境因素, 如温度、光

收稿日期: 2018-06-07 修订日期: 2018-08-24

基金项目: 国家重点研发计划(2016YFD0300701)

* 通信作者 E-mail: xjli@ippcaas.cn

照、土壤湿度、酸碱度以及盐浓度等关系密切^[5-6]。水分是种子萌发的基本要求,土壤水分匮乏将延缓种子萌发、降低种子萌发率甚至抑制种子萌发^[7]。杂草种子如具有耐酸碱胁迫和耐盐胁迫的能力将提高其在环境胁迫下的萌发竞争力^[8]。播种深度是杂草出苗的主要影响因子之一,不同播种深度下,种子周围温度、湿度、光照等环境条件不同,从而出苗率不同^[9-10]。耕作方式对杂草种子在土壤中的垂直分布有一定的影响,进而影响其出苗率。因此,明确不同环境条件对节节麦种子萌发的影响对预测节节麦萌发适生区和采用不同农作措施控制节节麦出苗均有重要意义。

目前,国内关于节节麦种子萌发条件的研究报道较少^[11]。本研究选择土壤湿度、酸碱度、盐浓度、播种深度等指标,研究其对节节麦种子萌发及出苗的影响,以期对节节麦适生区域预测及防控提供数据支撑。

1 材料与方法

1.1 试验材料

供试种子:节节麦种子采自我国河南省项城市、山东省聊城市和陕西省渭南市的冬小麦田,编号分别为 HN-XC、SD-LC 和 SX-WN,上述种子于 2015 年—2016 年在中国农业科学院植物保护研究所温室进行繁种并储存备用。待上述种子(带颖壳)自然解除休眠,发芽率达 99% 以上时进行试验。

试剂及仪器:2-吗啉乙磺酸(MES)、4-羟乙基哌嗪乙磺酸(HEPES)、N-三甲基甘氨酸(tricine),Sigma;氢氧化钠(NaOH)、氯化钠(NaCl)、邻苯二甲酸氢钾($C_8H_5KO_4$)、聚乙二醇 6000(PEG 6000),国药集团化学试剂公司;盐酸(HCl),北京化工厂。DELTA320 型 pH 计,梅特勒-托利多仪器有限公司;FA1004 万分之一天平,上海上平仪器有限公司;人工气候培养箱,浙江托普仪器有限公司。

1.2 试验方法

1.2.1 节节麦种子萌发试验

选取大小均匀一致的节节麦种子,用无菌水反复冲洗 3 次,均匀摆放在垫有两张滤纸的直径为 9 cm 的玻璃培养皿中,每皿 20 粒,加入 5 mL 无菌水,用封口膜封口后置于 25/20℃(光照/黑暗)人工气候培养箱中,L//D=14 h//10 h,光照强度为 $320 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 。每隔 12 h 调查 1 次发芽率并将发芽的种子移除,调查持续 14 d。胚根长度大于 3 mm 时视为发芽。所有试验均重复 4 次。

1.2.2 水分胁迫对节节麦种子萌发的影响

试验采用 PEG 6000 溶液模拟水分胁迫。分别

溶解 0、72.5、143.2、192.6、233.0、284.0、354.4 g PEG 6000 于 1 L 蒸馏水中,使各处理水分渗透势为 0.0、-0.1、-0.3、-0.5、-0.7、-1.0、-1.5 MPa^[12]。种子发芽方法同 1.2.1。

对不同渗透势下节节麦种子的发芽率进行曲线拟合,回归模型如下:

$$G(\%) = G_{\max} / \{1 + \exp[-(x - x_{50})/e]\}$$

式中, G 代表不同渗透势(x)下的发芽率; $G_{\max}$ 代表最大发芽率; x_{50} 代表发芽率达到最大发芽率 50% 时的渗透势; e 代表曲线斜率。

1.2.3 pH 对节节麦种子萌发的影响

设定缓冲液 pH 为 3~10。使用 1 mol/L HCl 分别调节 2 mmol/L 邻苯二甲酸氢钾缓冲液 pH 至 3 和 4;使用 1 mol/L NaOH,分别调节 2 mmol/L MES 缓冲液 pH 至 5 和 6、2 mmol/L HEPES 缓冲液 pH 至 7 和 8 和 2 mmol/L tricine 缓冲液 pH 至 9 和 10。种子发芽方法同 1.2.1。

1.2.4 盐分胁迫对节节麦种子萌发的影响

分别配制 0、20、60、120、180、240、300、360、420、480 mmol/L 的 NaCl 溶液进行盐分胁迫试验。种子发芽方法同 1.2.1。

对不同盐浓度下的发芽率进行曲线拟合,回归模型同 1.2.2。 G 代表不同盐浓度(x)下的发芽率, $G_{\max}$ 代表最大发芽率, x_{50} 代表发芽率达到最大发芽率 50% 时的盐浓度, e 代表曲线斜率。

1.2.5 播种深度对节节麦出苗的影响

试验于 2017 年 8 月至 2017 年 10 月在中国农业科学院植物保护研究所网室进行,采用裂区设计,播种深度设为主区,节节麦种群为副区。播种深度设 0、5、10、20、30、40 cm 和 50 cm。将直径为 30 cm,高度分别为 5、10、20、30、40 cm 和 50 cm 的 PVC 管分别置于土中,管底绑一层纱网。选取 50 粒大小均匀一致的节节麦种子均匀摆放在 PVC 管的纱网上,用土壤填充 PVC 管;播种深度为 0 cm 的处理为将种子均匀撒在 PVC 管中土壤表面。灌水保持管内土壤湿润,播种 30 d 后记录出苗数。胚芽鞘露出土壤表面视为出苗。

对不同播种深度下节节麦种子的出苗率进行曲线拟合,回归模型如下:

$$E(\%) = E_{\max} / [1 + (x/x_{50})^e]$$

式中, E 代表不同播种深度(x)下的出苗率; $E_{\max}$ 代表最大出苗率; x_{50} 代表出苗率达到最大出苗率 50% 时的播种深度; e 代表曲线斜率。

1.3 数据处理

采用 SAS 9.2 软件对试验数据进行 ANOVA 方差分析,采用 LSD 法进行差异显著性检验。利用 Sigmaplot 12.5 软件的三参量非线性回归模型进行曲线拟合,得到曲线方程及 x_{50} 。

2 结果与分析

2.1 水分胁迫对节节麦种子萌发的影响

水分胁迫显著影响节节麦发芽(表 1)。溶液渗透势与节节麦发芽率呈正相关(图 1)。当渗透势大于 -0.3 MPa 时,种子发芽率最高,之后随着渗透势下降,发芽率不断降低,当渗透势为 -0.7 MPa 时,仅极少数种子萌发,当渗透势为 -1.0 MPa 时,种子萌发被完全抑制(图 1)。将不同渗透势下 SX-WN、SD-LC 和 HN-XC 3 个节节麦种群发芽率进行曲线拟合,得到以下曲线方程: $G(\%) = 100.17 / \{1 + \exp[-(x + 0.607) / 0.0578]\}$ ($r^2 = 0.99$)、 $G(\%) = 100.23 / \{1 + \exp[-(x + 0.577) / 0.0560]\}$ ($r^2 = 0.99$)、 $G(\%) = 100.33 / \{1 + \exp[-(x + 0.562) /$

$0.0572]\}$ ($r^2 = 0.99$)。模拟得出, SX-WN、SD-LC 和 HN-XC 分别在渗透势为 -0.607 、 -0.577 和 -0.562 MPa 时达到最大发芽率的 50%。同一渗透势下, SX-WN、SD-LC 和 HN-XC 的发芽率无显著差异($P = 0.154$)(表 1)。

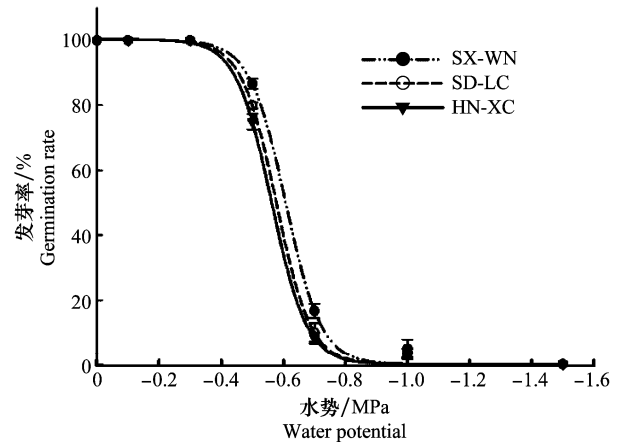


图 1 水分胁迫对节节麦种子萌发的影响
Fig. 1 Effects of water potential on seed germination of *Aegilops tauschii*

表 1 环境因素对不同种群节节麦种子发芽率的影响¹⁾

Table 1 Effects of environmental factors on seed germination of <i>Aegilops tauschii</i> populations				
环境胁迫 Environmental stress	差异源 Source of variances	自由度 <i>df</i>	<i>F</i> 值 <i>F</i> value	<i>P</i> 值 <i>P</i> value
水分胁迫 Water stress	渗透势 Osmotic potential	6	790.700**	<0.010
	种群 Population	2	1.900	0.154
	渗透势×种群 Osmotic potential×population	12	0.700	0.755
酸碱胁迫 Acid and alkali stress	pH	7	1.500	0.171
	种群 Population	2	3.100	0.055
	pH×种群 pH×population	14	2.900**	0.003
盐分胁迫 Salinity stress	盐分 Salinity	9	144.500**	<0.010
	种群 Population	2	0.200	0.817
	盐分×种群 Salinity×population	18	1.600	0.082

1) ** 表示在 $P < 0.01$ 水平下差异显著。
** represents significant difference at the 0.01 probability level.

2.2 pH 对节节麦种子萌发的影响

在供试缓冲液 pH 为 3~10 时,节节麦种子萌发率超过 70%,各处理之间发芽率无明显差别($P = 0.171$)(表 1)。3 个种群之间发芽率研究表明, SX-WN 和 HN-XC 在 $\text{pH} = 7$ 时发芽率最高,而 SD-LC 在 $\text{pH} = 5$ 时发芽率最高(图 2), pH 和种群之间交互作用显著,其原因有待进一步研究;但 3 个种群在相同酸碱胁迫下发芽率无显著差异($P = 0.055$)(表 1)。以上表明,3 个种群的节节麦种子均具有较强的耐酸碱能力。

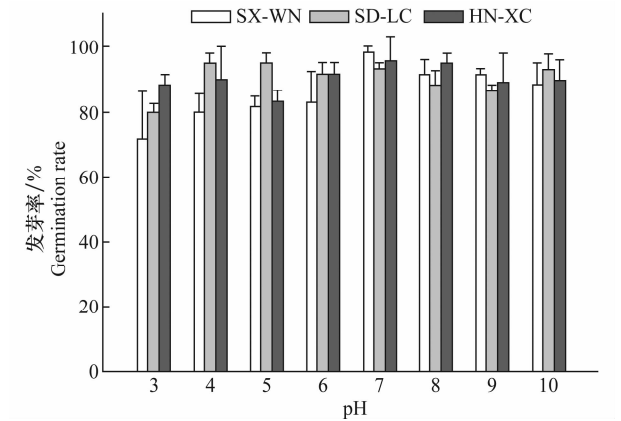


图 2 pH 对节节麦种子萌发的影响
Fig. 2 Effects of pH on seed germination of *Aegilops tauschii*

2.3 盐胁迫对节节麦种子萌发的影响

盐浓度与节节麦发芽率呈负相关(图 3)。3 个种群发芽率均随盐浓度的升高而降低。盐浓度为 0 mmol/L 时,发芽率最高,当盐浓度大于 420 mmol/L 时,节节麦不发芽(图 3),表明节节麦具有一定的耐盐性。对不同盐浓度下 SX-WN、SD-LC 和 HN-XC 3 个种群种子发芽率进行曲线拟合,得到曲线方程分别为 $G(\%) = 91.59 / \{1 + \exp[-(x - 273.50) / (-29.67)]\}$ ($r^2 = 0.98$)、 $G(\%) = 95.03 / \{1 + \exp[-(x - 255.31) / (-27.63)]\}$ ($r^2 = 0.99$) 和 $G(\%) = 94.04 / \{1 + \exp[-(x - 275.86) / (-59.75)]\}$ ($r^2 = 0.96$)。模拟得出, SX-WN、SD-LC 和 HN-XC 发芽率达到最大发芽率 50% 时的盐浓度分别为 273.50、255.31 和 275.86 mmol/L。相同盐浓度下,上述 3 个种群发芽率无显著差异($P = 0.817$)(表 1)。

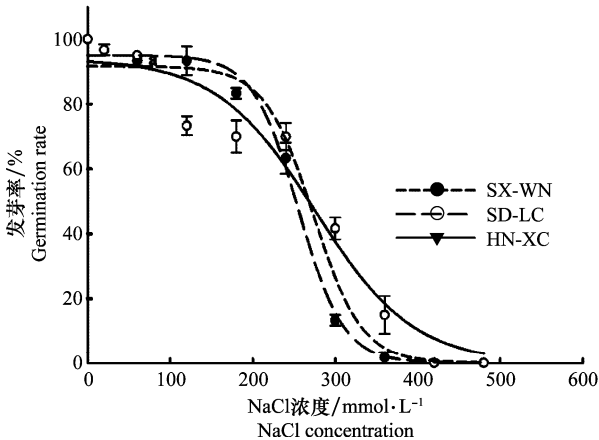
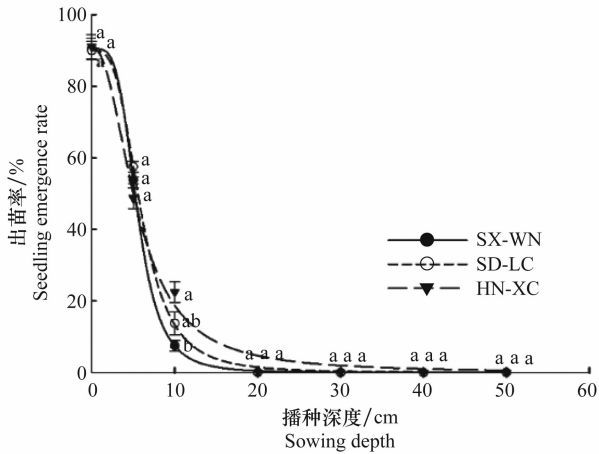


图 3 盐胁迫对节节麦种子萌发的影响
Fig. 3 Effects of salinity stress on seed germination of *Aegilops tauschii*

2.4 播种深度对节节麦出苗的影响

播种深度对节节麦出苗有较大影响(图 4)。种子播种在土壤表面时出苗率最高,随播种深度增加节节麦出苗率降低,在 5~6 cm 播种深度下仍有 40%~50% 出苗,当播种深度大于 10 cm 时未发现节节麦出苗(图 4)。同一播种深度下,3 个种群的出苗率无显著差别。对不同播种深度下节节麦 SX-WN、SD-LC 和 HN-XC 3 个种群出苗率进行曲线拟合,得到的曲线方程分别为 $E(\%) = 90.49 / [1 + (x/5.49)^{4.03}]$ ($r^2 = 0.99$)、 $E(\%) = 89.95 / [1 + (x/5.93)^{3.35}]$ ($r^2 = 0.99$) 和 $E(\%) = 90.73 / [1 + (x/5.48)^{2.24}]$ ($r^2 = 0.99$)。模拟得出 3 个种群出苗率达到最大出苗率 50% 时的播种深度分别为 5.49、5.93 cm 和 5.48 cm。



图中数据为平均数±标准误。不同字母表示同一播种深度下不同种群出苗率经LSD检验在 $P < 0.05$ 水平差异显著
Data are mean ± SE. Different letters represent significant difference in seedling emergence rate of different population under same sowing depth at the 0.05 probability level by LSD test

图 4 播种深度对节节麦出苗的影响

Fig. 4 Effects of sowing depth on emergence of *Aegilops tauschii*

3 讨论

杂草种子在不同环境条件下的萌发及出苗能力对其存活、定植及进一步蔓延扩散至关重要。大部分杂草种子发芽需要较高含水量,低水势不利于其萌发,如猪殃殃^[13]、芥菜^[14]、看麦娘^[6]、毛竹^[15]、牛筋草^[8]等。节节麦也具有需要较高水势才能萌发的特性。而另一些杂草如苦豆子^[16]、雀麦^[17]等种子萌发则对水分要求不严。通过研究节节麦种子在不同 pH 下的发芽率发现,节节麦种子萌发需要的 pH 范围较宽,这与猪殃殃^[13]、看麦娘^[6]等杂草的萌发特性类似。我国大部分土壤的 pH 为 5~8,因此,土壤 pH 不是节节麦蔓延扩散的限制因素。节节麦种子达到其最大发芽率 50% 时的盐浓度为 250~280 mmol/L,与其他杂草的耐盐性相比^[18-21],节节麦种子萌发具有中等水平的耐盐性。基于此预测,节节麦在盐碱地也有较好的萌发、生长能力,这与浑之英等报道节节麦在河北省沧州市盐碱地麦田大量发生相吻合^[22-23]。节节麦种子萌发具有较宽泛的 pH 适应范围和一定的耐盐性,表明其生态适应性较广,这也是节节麦蔓延迅速的原因之一。

深播时,种子上层土壤对出苗形成物理压力^[24],致使节节麦出苗率随播种深度增大而降低。这与看麦娘、牛筋草等杂草发芽深度研究结果相似^[6,8,15-16]。本研究发现,当播种深度大于 10 cm 时,

节节麦不出苗。这与 Fang 等^[25]研究得出的节节麦出苗的最大播种深度为 8 cm 相近似。试验还发现, 90% 的节节麦种子可在 10 cm 土层下发芽, 但深层发芽的种子在到达表土层之前营养物质消耗殆尽, 使胚芽鞘不能到达表土层。前人研究也发现, 植物出苗前, 主要依靠其自身营养物质萌发^[26], 当播种较深时, 种子本身不能满足胚芽鞘出土所需的营养^[21]。本研究中 10% 左右的节节麦种子不能在深层发芽, 但当将其播种在表层后, 大多数种子仍可萌发, 推测可能是这部分种子在土壤深层处于休眠状态。Benvenuti 等^[9]和 Zhao 等^[6]报道土壤深层部分未萌发的种子通过休眠在地下形成永久种子库, 直到环境适宜时再萌发生长, 此行为是杂草维持生命延续的“自救”策略。节节麦可能也存在类似的“自救”行为。根据节节麦种子在 10 cm 以下土层不能出苗的特性, 生产中可通过深耕整地等措施, 将麦田土壤表层的节节麦种子深翻到土壤深层, 从而降低节节麦发生密度。

参考文献

- [1] 张朝贤, 李香菊, 黄红娟, 等. 警惕麦田恶性杂草节节麦蔓延危害[J]. 植物保护学报, 2007, 34(1): 103–106.
- [2] 房锋, 高兴祥, 魏守辉, 等. 麦田恶性杂草节节麦在中国的发生发展[J]. 草业学报, 2015, 24(2): 194–201.
- [3] 车晋滇, 梁铁双, 贾峰勇. 不同密度节节麦危害对小麦产量的影响与防除对策[J]. 北京农业, 2013(9): 94–95.
- [4] 段美生, 杨宽林, 李香菊, 等. 河北省南部小麦田节节麦发生特点及综合防除措施研究[J]. 河北农业科学, 2005(1): 72–74.
- [5] CHAUHAN B S, GILL G, PRESTON C. African mustard (*Brassica tournefortii*) germination in southern Australia [J]. Weed Science, 2006, 54(5): 891–897.
- [6] ZHAO Ning, LI Qi, GUO Wenlei, et al. Effect of environmental factors on germination and emergence of shortawn foxtail (*Alopecurus aequalis*) [J]. Weed Science, 2018, 66(1): 47–56.
- [7] JAVAID M M, TANVEER A. Germination ecology of *Emex spinosa* and *Emex australis*, invasive weeds of winter crops [J]. Weed Research, 2015, 54(6): 565–575.
- [8] CHAUHAN B S, JOHNSON D E. Germination ecology of goosegrass (*Eleusine indica*): an important grass weed of rain-fed rice [J]. Weed Science, 2008, 56(5): 699–706.
- [9] BENVENUTI S, MACCHIA M, MIELE S. Quantitative analysis of emergence of seedlings from buried weed seeds with increasing soil depth [J]. Weed Science, 2001, 49(4): 528–535.
- [10] 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(1): 221–262.
- [11] 房锋. 节节麦 (*Aegilops tauschii* Coss.) 生态适应性[D]. 北京:

中国农业科学院, 2012.

- [12] MICHEL B E, KAUFMANN M R. The osmotic potential of polyethylene glycol 6000 [J]. Plant Physiology, 1973, 51(5): 914–916.
- [13] 张田田, 马冲, 吴翠霞, 等. 不同环境因素对猪殃殃种子萌发及出苗的影响[J]. 植物保护, 2017, 43(2): 102–106.
- [14] 吕学深, 张乐乐, 李琦, 等. 多种环境因素对芥菜萌发和出苗的影响[J]. 中国农学通报, 2017, 33(28): 68–72.
- [15] MAHMOOD A H, FLORENTINE S K, CHAUHAN B S, et al. Influence of various environmental factors on seed germination and seedling emergence of a noxious environmental weed: green galenia (*Galenia pubescens*) [J]. Weed Science, 2016, 64(3): 486–494.
- [16] NOSRATTI I, AMIRI S, BAGHERI A, et al. Environmental factors affecting seed germination and seedling emergence of foxtail sophora (*Sophora alopecuroides*) [J]. Weed Science, 2018, 66(1): 1–7.
- [17] LI Qi, TAN Jinni, LI Wei, et al. Effects of environmental factors on seed germination and emergence of Japanese brome (*Bromus japonicus*) [J]. Weed Science, 2015, 63(3): 1–10.
- [18] BOYD N S, HUGHES A. Germination and emergence characteristics of spreading dogbane (*Apocynum androsaemifolium*) [J]. Weed Science, 2011, 59(4): 533–537.
- [19] CHAUHAN B S, GURJEET G, CHRISTOPHER P. Factors affecting turnip weed (*Rapistrum rugosum*) seed germination in southern Australia [J]. Weed Science, 2006, 54(6): 1032–1036.
- [20] SABILA M H, GREY T L, WEBSTER T M, et al. Evaluation of factors that influence benghal dayflower (*Commelina benghalensis*) seed germination and emergence [J]. Weed Science, 2012, 60(1): 75–80.
- [21] WU Xian, LI Jun, XU Hongle, et al. Factors affecting seed germination and seedling emergence of Asia minor bluegrass (*Polypogon fugax*) [J]. Weed Science, 2017, 63(2): 440–447.
- [22] 浑之英, 袁立兵, 同雪静, 等. 河北省沧州市麦田禾本科杂草发生情况调查[J]. 河北农业科学, 2013(2): 54–56.
- [23] 江佳, 江泽升. 盐碱地及其立法问题思考—以河北沧州为例[J]. 广州广播电视大学学报, 2010(6): 97–100.
- [24] AISENBERG G R, ZIMMER G, KOCH F, et al. Biochemical performance, vigor and characteristics of initial growth of wheat plants under different sowing depth [J]. International Journal of Current Research, 2016, 8: 36704–36709.
- [25] FANG Feng, ZHANG Chaoxian, WEI Shouhui, et al. Factors affecting tausch's goatgrass (*Aegilops tauschii* Coss.) seed germination and seedling emergence [J]. Journal of Agricultural Science, 2011, 4(1): 114–121.
- [26] MENNAN H, NGOUAJIO M. Seasonal cycles in germination and seedling emergence of summer and winter populations of catchweed bedstraw (*Galium aparine*) and wild mustard (*Brassica kaber*) [J]. Weed Science, 2006, 54(1): 114–120.

(责任编辑: 杨明丽)