

DOI: 10.5846/stxb201712152252

杜丽思,李铷,董玉梅,黄邦成,傅杨,汤东生. 胜红蓟种子萌发/出苗对环境因子的响应.生态学报,2019,39(15): - .

Du L S, Li R, Dong Y M, Huang B C, Fu Y, Tang D S. Seed germination and seedling emergence of *Ageratum conyzoides* in response to different environmental factors. Acta Ecologica Sinica, 2019, 39(15): - .

胜红蓟种子萌发/出苗对环境因子的响应

杜丽思,李 铷,董玉梅,黄邦成,傅 杨,汤东生*

云南农业大学省部共建云南生物资源利用与保护国家重点实验室,昆明 650201

摘要:胜红蓟为我国南部低海拔区域农田和果园恶性杂草。为揭示胜红蓟环境适应规律、明确其危害性,评价和分析了胜红蓟种子萌发对光照、温度、pH、盐度、渗透势等环境因子的响应特征。结果表明:胜红蓟种子在 10—30℃ 内均能萌发,最适萌发温度为 20℃,交替温度处理可提高种子的萌发率。胜红蓟种子萌发对光照敏感,无光照处理种子不萌发。土壤相对湿度在 50%—100% 范围内,种子出苗率均高于 55%,最适相对湿度为 70%。胜红蓟种子仅能在土壤表面萌发,1 cm 的播种深度完全抑制种子萌发。pH 值在 5—10 之间,种子萌发率高于 85%,最适 pH 值为 7。NaCl 浓度在 0—80 mmol/L 以内种子萌发率超过 88%,浓度为 160 mmol/L 时萌发率接近 30%。渗透势在 -0.40—0 MPa 以内种子萌发率高于 70%,渗透势为 -0.6 MPa 时种子不能萌发。由此可见,胜红蓟种子萌发具有广阔的环境适生范围,对农作物具有较强的早期危害性。

关键词:胜红蓟;种子萌发;环境因子;适应性

Seed germination and seedling emergence of *Ageratum conyzoides* in response to different environmental factors

DU Lisi, LI Ru, DONG Yumei, HUANG Bangcheng, FU Yang, TANG Dongsheng*

State Key Laboratory for Utilization and Conservation for Bio-resources of Yunnan, Yunnan Agricultural University, Kunming 650201, China

Abstract: *Ageratum conyzoides* is a detrimental weed in the low-altitude farmland and orchards of south China. To elucidate the adaptive ability of *A. conyzoides* in the environment and its perniciousness, studies were conducted to evaluate the influence of different environmental factors, including light, temperature, pH, humidity, and osmotic potential, on seed germination and seedling emergence of *Ageratum conyzoides*. The results showed that: (1) seeds could germinate from 10 °C to 30 °C with the optimum temperature being 20 °C. Additionally, alternating temperature could increase the rate of seed germination. (2) Seeds of *A. conyzoides* were sensitive to light, and it was difficult for seeds to germinate without light. (3) The rate of seed germination was higher than 55% when the soil relative humidity was in the range of 50—100%, with the optimum relative humidity being 70%. (4) Seeds could germinate at the soil surface, and emergence was inhibited if seeding depth reached 1 cm. (5) The seed germination rate reached 85% when pH was in the range of 5—10, with the optimum pH being 7. (6) When the concentration of NaCl was at 0—80 mmol/L, seed germination rate was above 88%, while germination was 30% at salinity level of 160 mmol/L. (7) When osmotic potential was -0.40—0 MPa, the germination rate reached 70%, but no germination occurred at osmotic potentials of -0.6 Mpa.. Therefore, it could be inferred that *A. conyzoides* showed strong adaptiveness to the different environments. As such, it could cause early damage to crops.

基金项目:国家自然科学基金(31660555)

收稿日期:2017-12-15; 网络出版日期:2019-00-00

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: tangds@ynau.edu.cn

Key Words: *Ageratum conyzoides*; seed germination; environmental factors; adaptiveness

胜红蓟 (*Ageratum conyzoides*) 为菊科藎香蓟属植物, 原产南美洲, 现遍布于全世界热带和亚热带地区^[1], 我国长江以南大部分低海拔区域广泛分布。在美洲和非洲, 胜红蓟在民间被用作药用植物治疗各种疾病。胜红蓟含有多种多样的生物活性物质如生物碱类、黄酮类、色烯类、苯并呋喃类、萜类化合物等, 这些从胜红蓟分离的提取物和代谢产物具有多种药理和杀虫活性^[2-3]。孔垂华团队在国内外学术刊物上连续报道了胜红蓟的植物化感^[4-5]、杀虫和杀菌活性^[2, 6]及活性化合物释放途径等研究成果^[7-9]。除此之外, 胜红蓟也是一种入侵性较强的农田杂草。在云南, 胜红蓟主要分布于中南部气温偏高、昼夜温差小的低海拔地区, 为果园和玉米等秋熟作物田优势杂草, 对旱地作物危害严重。然而作为一种分布甚广, 与人类关系十分密切的植物, 却鲜有对其生物学和生态学研究的报道。

种子是植物的重要的繁殖器官, 种子萌发被认为是植物生活史中最重要的阶段之一^[10]。种子萌发形成种苗是植物生活史中适应自然环境并建立种群的基础, 也是杂草造成危害的前提条件。种子萌发需要充足的水分和氧气、适宜的温度, 另外光照、pH、土壤因素等环境条件也影响种子的萌发^[11]。因受气候区域、地形地貌、植被状态等条件的影响, 各环境因子的变化幅度差异巨大, 种子对不同环境因子的适应能力决定着植物的生存和分布状况。因此, 杂草种子萌发对各环境因子的适应范围是决定杂草适应性和危害性的决定因素。Chauhan 等研究了一年生杂草苦苣菜 (*Sonchus oleraceus*) 对光照、温度、渗透势、pH 等因素的适应范围^[12]。Chauhan 和 Johnson 研究了水稻田恶性杂草光头稗 (*Echinochloa colona*)^[13]和热带亚热带地区恶性杂草巴西含羞草 (*Mimosa invisa*)^[14]对光照、温度、埋藏深度、盐分等因子的适应能力。Flematti 等发现熏烟能促进种子萌发并明确了促进种子萌发的物质成分^[15]。Dekker 和 Hark hargrove 检测了大狗尾草 (*Setaria faberii*) 种子萌发对自然气体 O₂、N₂、CO 的适应能力^[16]。Benvenuti 详细研究了曼陀罗 (*Datura stramonium*) 种子萌发和出苗对 10 种不同的土壤质地生态适应性规律^[17]。杂草种子萌发能力是获得竞争优势的关键, 胜红蓟是夏季作物田苗期恶性杂草, 对作物早期危害严重。本研究以恶性杂草胜红蓟作为研究对象, 全面分析了胜红蓟种子萌发对光照、温度、水分、土壤通透性、盐分、渗透势等因子的响应规律, 明确胜红蓟对各环境因子的响应范围, 认识其适应性和危害性, 旨在为胜红蓟的生态控制和综合利用提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 种子的收集

试验所需的材料为 2015 年 10 月采自云南省蒙自市新安所镇石榴园 (23°32'N, 103°43'E) 中的胜红蓟植株上的成熟种子, 种子采集后带回实验室用塑料盆在室温下晾干后备用。

1.2 方法

1.2.1 温度和光照对胜红蓟种子萌发的影响

温度试验在人工气候箱 (上海博讯, BIC250) 内进行, 相对湿度设置为 75%。采用砂培法进行种子萌发试验。选用直径为 9 cm 的培养皿, 放置厚度为 4—5 mm、粒径 ≤ 0.5 mm、质量约 60 g 的石英砂。使用前用 5% 盐酸浸泡砂子 1 h, 用清水冲洗 3 遍, 在恒温干燥箱烘干后使用。温度设置 5 种恒温处理即 30℃、25℃、20℃、15℃、10℃ 和 10 种变温处理即 30/25℃、30/20℃、30/15℃、30/10℃、25/20℃、25/15℃、25/10℃、20/15℃、20/10℃、15/10℃。变温处理和光照条件均设置为每隔 12 h 光暗交替 1 次。光照处理强度为 85 μmol m⁻² s⁻¹。对于变温处理, 光照处理与高温条件相对应; 低温与黑暗条件相对应。培养皿放入石英砂后, 加入灭菌纯水, 抹平砂面, 水面以刚好没过砂面 (约 20 mL)。每个培养皿均匀放置 30 粒大小均匀、籽粒饱满的胜红蓟种子。为了防止水分蒸发, 用保鲜膜包裹后盖好皿盖再放入人工气候箱培养。为明确光照对种子萌发的作用, 设计光照处理试验。以恒温 20℃ 为培养温度, 处理条件为 12 h/12 h 光暗交替, 对照为黑暗处理。黑暗处理是用双层铝箔包裹培养皿。以胚根露出种皮 2 mm 作为各试验种子萌发的标志。试验每隔 24 h 记录一次发芽数,

12 d 后停止记录。

1.2.2 播种深度对胜红蓟种子出苗的影响

设置 0、1、2、3、4、5 cm 六种播种深度。取田间自然土壤,磨碎后在 120℃ 烘箱中烘烤 24 h,过直径 2 mm 的筛,取直径 10 cm 深 15 cm 的塑料杯,加入适量过筛土,均匀播入 30 粒胜红蓟种子,盖土。根据种子播种深度的需要确定底层土和表层土的厚度。按 60% 的相对含水量沿内壁加入纯水,用封口膜密封后放置室内静置 12 h 后转入 20℃ 培养箱培养。每日观察记录出苗的种子情况。以连续 3 d 没有观察到新出苗情况后停止记录。

1.2.3 土壤湿度对胜红蓟种子出苗的影响

参照 1.2.2 的方法,按相对含水量分别为 100%、90%、80%、70%、60%、50% 的要求沿塑料杯内壁均匀加入相应数量的纯水,然后用封口膜封住塑料杯。在室内静置 24 h,让杯内土壤保持均匀一致的湿度。用镊子将种子均匀地摆放在土壤表面(1.2.2 的结果显示只有播于土壤表面的胜红蓟种子才能萌发),用封口膜封好,在 20℃ 的培养箱内培养,每日观察记录出苗的种子情况。以连续 3 d 没有观察到新出苗情况后停止记录。

1.2.4 酸碱度对胜红蓟种子萌发的影响

试验设置基本同 1.2.1,用配制好的不同 pH 值缓冲液配制培养液替代纯水培养胜红蓟种子。具体 pH 值缓冲液的配置方法参照 Chachalis 和 Reddy 的方法^[18]。即用 1N HCl 调节 2 mmol/L 邻苯二甲酸氢钾配置 pH 为 4 的缓冲液;用 1N NaOH 调节 2 mmol/L 的 MES[2-(N-吗啉)乙磺酸]配置 pH 为 5 和 6 的缓冲液;用 1N NaOH 调节 2 mmol/L HEPES[N-(2-羟甲基)哌嗪-N'-(2-乙磺酸 O)]配置 pH 为 7 和 8 的缓冲液。用 1N NaOH 调节 2 mmol/L 三甲基甘氨酸配置 pH 为 9 和 10 的缓冲液。20℃ 培养箱恒温培养。

1.2.5 盐和渗透势对胜红蓟种子萌发的影响

用 NaCl 配制成 0(对照)、10、20、40、80、160、320 mmol/L 共 7 个浓度的溶液。参照 1.2.1 的方法用不同浓度的盐溶液培养种子。参照 Chachalis 等的方法^[19],将 PEG8000 分别配制成 0、-0.1、-0.2、-0.4、-0.6、-0.8 MPa 的溶液,然后按 1.2.1 的方法用不同渗透势的溶液培养种子。20℃ 培养箱恒温培养。

1.3 数据分析

所有的试验区组均设置 3 次重复,并进行 2 次独立重复试验。利用 SAS 9.4 软件对不同处理的种子萌发率进行单因素方差分析(one-way ANOVA),用 Duncan 多重比较检测不同处理间的差异显著性。利用软件 SigmaPlot 14 作图,并对种子萌发率与土壤湿度、盐度和渗透势的关系进行曲线拟合。

2 结果

2.1 胜红蓟种子萌发对温度和光照的响应

胜红蓟种子萌发率对不同温度的响应差异较大(图 1)。在恒温培养下,10℃ 和 30℃ 是胜红蓟种子萌发的极限温度,萌发率均低于 5%。20℃ 为最适恒温培养温度,萌发率达到 70%。交替温度处理提高种子萌发率。20/10℃ 交替温度的处理种子萌发率显著高于恒温 20℃ 的处理($P < 0.05$),为胜红蓟种子最适萌发温度,萌发率达到 82%。当高温处理设置为极限 30℃ 低温分别采用 25℃、20℃、10℃ 的时候,其种子萌发率分别比恒温 30℃ 的处理增加 6.6 倍、15.8 倍和 2 倍。将低温设置为极限 10℃ 高温分别采用 15℃、20℃、25℃、30℃ 时,其种子萌发率分别比恒温 10℃ 的处理增加了 13.4 倍、31.2 倍、25.8 倍和 14.2 倍。并且将 25℃、20℃ 和 15℃ 分别设置为高温,低温设置为 10℃ 处理的种子萌发率分别显著高于其它低温处理。由此可见,在自然状况下,10℃ 的培养温度似乎对胜红蓟种子萌发具有重要的意义。胜红蓟种子在无光条件下不能萌发。由图 2 可见,胜红蓟种子在 12 h/d 的光照条件培养 6 d 后,萌发率超过 60%,培养 9 d 后全部萌发;而在无光处理条件下,培养 12 d 仍未见种子萌发。由此可见,光照处理可能是胜红蓟种子萌发的必要条件。

2.2 胜红蓟种子出苗对播种深度的响应

播于土表的胜红蓟种子与其他播种在土里的种子萌发率差异巨大(图 3)。播于土壤粒径 ≤ 2 mm 土表的

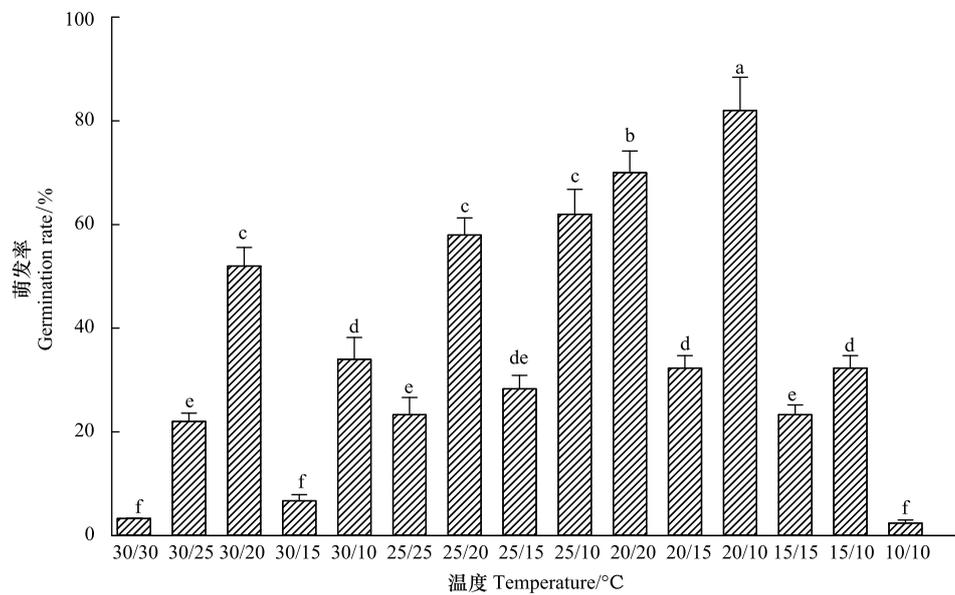


图1 胜红蓼种子在不同温度条件下的萌发率

Fig.1 Germination percentage of *Ageratum conyzoides* under different incubation temperature

柱状图上的不同字母表示在 0.05 水平上的差异显著性

种子培养 3 d 后种子开始萌发,种子的萌发率高达 98%。而当播种深度 ≥ 1 cm 时,种子培养 10 d 后仍未见种子出苗。倒出培养杯中的土壤查看,未见有萌发出苗的种子。可见,胜红蓼种子萌发可能对光照或氧气含量的要求严格。

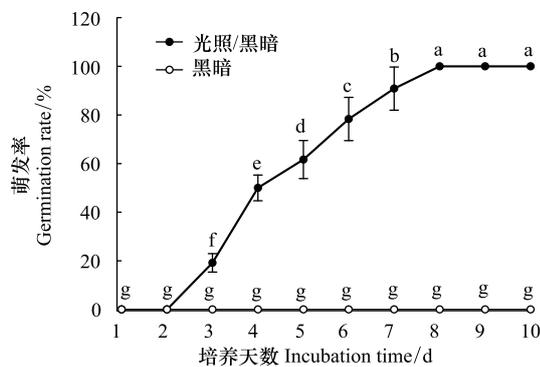


图2 胜红蓼种子在不同光照条件下的萌发率

Fig.2 Germination percentage of *Ageratum conyzoides* under different light treatment

折线图上的不同字母表示在 0.05 水平上的差异显著性

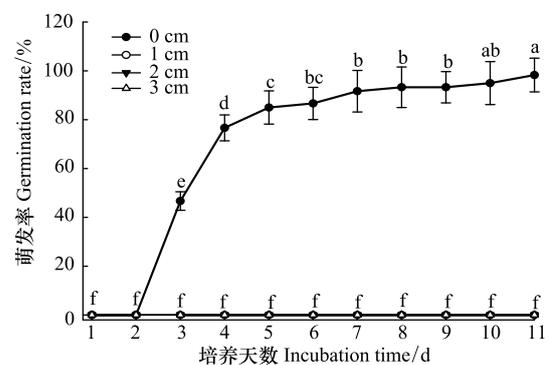


图3 胜红蓼种子在不同播种深度下的出苗率

Fig.3 Emergence percentage of *Ageratum conyzoides* under different seeding depth

2.3 胜红蓼种子出苗对土壤湿度的响应

胜红蓼种子萌发对不同土壤湿度的响应不同(图4)。种子在土壤 RH 为 50%—100% 时均可萌发,萌发率为 61%—96%。其中种子在 RH 为 70%—80% 时的萌发率最高、超过 93%,显著高于其它处理($P < 0.05$)。对试验数据进行曲线拟合,得到二次多项式曲线 $y = 151.90 + 659.16x + 446.43x^2$ ($R^2 = 0.7632$),计算可得萌发率最高的相对湿度为 74%。在 RH 增长到 100% 时,胜红蓼种子萌发率降至 68%,与 RH = 60% 的处理的萌发率相当。同时发现,土壤湿度高的处理种子萌发速率也高于低湿度的处理。由此可见,胜红蓼种子萌发具有广泛的土壤湿度适宜范围,土壤湿度对种子萌发速率的影响大于对种子萌发率的影响。

2.4 胜红蓼种子萌发对 pH 的响应

在 pH 介于 4—10 时胜红蓼种子萌发均能萌发(图 5)。在 pH 为 7 时,种子的最终萌发率最高达到 97%,但种子萌发率在 pH 为 5—7 时差异不显著($P>0.05$)。pH>7 时,种子的最终萌发率略有下降,但均高于 91%,种子萌发率在 pH 为 8—10 时差异不显著($P>0.05$)。pH 为 4 时处理的种子萌发率虽然显著低于其它处理($P<0.05$),但仍高达 61%。以上结果表明,胜红蓼种子对环境 pH 值有广泛的适应范围,能适应各种农田土壤酸碱环境。

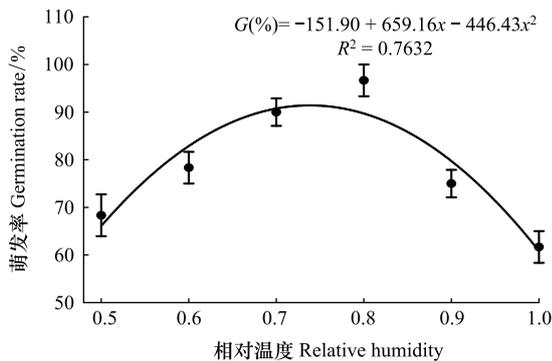


图 4 胜红蓼种子在不同湿度条件下的出苗率

Fig. 4 Emergence percentage of *Ageratum conyzoides* under different humidity condition

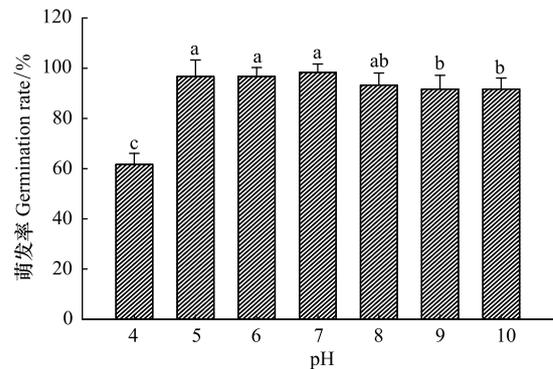


图 5 胜红蓼种子在不同 pH 条件下的萌发率

Fig. 5 Germination percentage of *Ageratum conyzoides* under different pH condition

2.5 胜红蓼种子萌发对盐浓度的响应

胜红蓼种子萌发对盐度的响应关系符合曲线方程 $G(\%) = 96.07 / \{1 + \exp[-(x - 144.96) / -19.07]\}$ ($R^2 = 0.9986$) (图 6)。在 NaCl 在 0—160 mmol/L, 种子均能萌发。在 NaCl 为 10 mmol/L 时, 种子萌发率最高达 98%。通过模拟公式计算, 种子萌发率为 50% 时的 NaCl 浓度为 144 mmol/L。NaCl 浓度介于 0—20 mmol/L, 不同处理之间种子萌发率差异不显著($P>0.05$)。NaCl 浓度 ≤ 80 mmol/L 时, 培养 3 d 后观察到种子萌发, 且最终萌发率均大于 93%。当 NaCl 浓度增加到 160 mmol/L 时, 种子最终萌发率降至 30%, 且直到第 9 d 才观察到种子萌发。由此可见, 胜红蓼种子萌发具有较高的耐盐性, 能够适当大多数农田土壤环境条件。

2.6 胜红蓼种子萌发对渗透势的响应

胜红蓼种子萌发对渗透势关系符合曲线方程 $G(\%) = 95.87 / \{1 + \exp[-(x + 0.34) / 0.07]\}$ ($R^2 = 0.9976$) (图 7)。经公式计算萌发率为 50% 时的渗透势为 -0.34 MPa, 在渗透势为 -0.1 MPa 的情况下, 种子萌发率最高达 98%, 高于清水对照处理($P>0.05$)。随着渗透势的降低, 种子的最终萌发率迅速显著降低, 且不同处理之间差异显著($P<0.05$)。当渗透势下降到 -0.4 MPa 时, 种子的萌发率降到 20% 以下。在渗透势 0—0.2 MPa 之间, 胜红蓼种子在培养第 3 d 开始萌发, 而渗透势为 -0.4 MPa 的处理在第 6 d 才有种子萌发, 且随着渗透势的降低, 种子的萌发速率降低。当渗透势 < -0.6 MPa 时, 胜红蓼种子不再萌发。由此可见, 胜红蓼种子萌发可忍耐 ≥ -0.4 MPa 的渗透压, 胜红蓼对土壤渗透压的耐性不强。

3 结论和讨论

种子萌发迅速、出苗快是杂草获得竞争优势的关键^[20-21]。植物对环境因子的利用能力就体现了植物的竞争能力。在植物的生活史中, 总要经历不太适宜的环境因子的胁迫^[22], 因此, 杂草种子萌发对环境因子适应的范围是反映杂草竞争性和危害性的重要方面。

本研究表明, 胜红蓼的种子萌发的温度范围为 10—30℃, 恒温条件下, 20℃ 为其最适萌发温度。胜红蓼是一种典型的夏季一年生杂草, 主要危害夏季旱地作物。在春末夏初, 在我国南方或北方均有适合胜红蓼萌

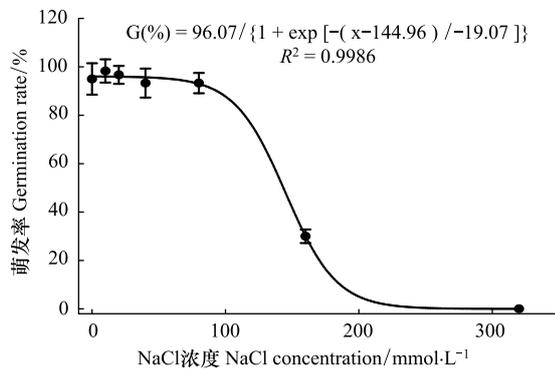


图6 胜红蓟种子在不同盐浓度下的萌发率

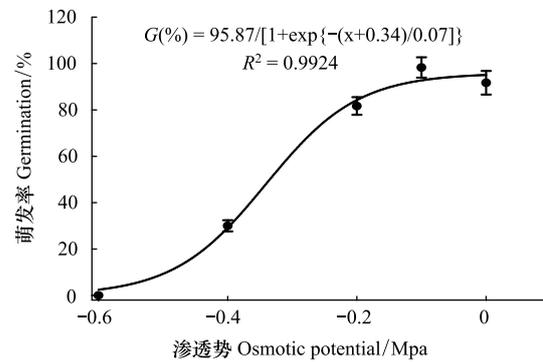
Fig. 6 Germination percentage of *Ageratum conyzoides* under different salt concentration

图7 胜红蓟种子在不同渗透势下的萌发率

Fig. 7 Germination percentage of *Ageratum conyzoides* under different osmotic potential

发的温度环境。菊科恶性杂草车矢菊 (*Centaurea diffusa*) 萌发温度为 2—40℃^[23]。世界恶性杂草黄花刺茄 (*Solanum rostratum*) 的萌发温度范围为 12.5—45℃, 15℃ 为其最适萌发温度^[24]。热带亚热带杂草如地桃花 (*Urena lobata*) 的种子在恒温 15—40℃ 条件下均能萌发, 最适萌发温度为 25℃^[25]。夏季一年生杂草 *Caperonia palustris* 在 20—40℃ 均能萌发, 最适温度为 30℃^[26]。多年生杂草 *Diploaxis tenuifolia* 在 10—30℃ 范围也能萌发^[27]。在我国西南地区分布广泛的外来入侵植物紫茎泽兰 (*Eupatorium adenophorum*) 种子萌发温度范围在 10—30℃, 与本试验结果高度相似^[28]。可见, 田间恶性杂草种子萌发大多具有较宽种子萌发温度范围。在自然条件下, 种子萌发时的环境温度是交替变化的。大多数研究表明交替温度处理能提高种子的萌发率, 如车矢菊^[23] 和棒头草 (*Polypogon fugax*)^[29] 种子萌发率在变温环境中比恒温条件高。但也有少数杂草种子如雀麦 (*Bromus japonicus*)^[30] 和 *Caperonia palustris*^[26] 在恒温条件下种子萌发率更高。光照是植物生长不可或缺的自然因子, 日夜光暗交替是一种自然现象。多数研究表明, 昼夜光暗交替显著提高杂草如稗草 (*Echinochloa crusgalli*)^[31]、粗毛牛膝菊 (*Galinsoga ciliata*) 和藜 (*Chenopodium album*)^[32]、野西瓜苗 (*Hibiscus trionum*)^[19] 等种子的萌发率。并且有些种子是绝对的需光种子, 无光照处理种子几乎不能萌发如鳢肠 (*Eclipta prostrata*) 的种子萌发^[33]。在本研究中, 无光照处理的胜红蓟种子也不能萌发。光照处理能促进种子的萌发率, 并不意味着光照处理对所有种子萌发都是必需的。有些种子在有无光照处理的情况下, 种子萌发率并没有明显差异, 如苦豆子 (*Sophora alopecuroides*)、小花锦葵 (*Malva parviflora*)^[34] 在各种温度下光照处理与无光处理差异均不明显^[35]。但也有情况表明, 光照对种子萌发的作用因种子培养温度的差异而表现为抑制作用^[36]。对于需光种子或需光性强的杂草如胜红蓟, 通过土壤深翻减少种子接触光照的机会可达到控制种子萌发和危害的目标。

处于不同深度耕作层的种子, 接收的光量子浓度和氧气含量是不同的。在土壤中低于 2 mm 的种子接受到的光照强度仅相当于土壤表面种子的 1%^[37]。所以对于严格的需光种子, 分布于土壤深处的种子是不能萌发的。本研究表明胜红蓟种子只能在土壤表面萌发, 分布于 1 cm 深度的种子就不能萌发。除了光照处理试验外, 本研究从土壤深度对种子出苗影响的角度证明了光照处理对胜红蓟种子萌发的必要性。许多研究表明杂草种子在土壤表面或表层萌发率高, 而后随土壤深度的增加持续下降如 *C. palustris* 种子出苗的土壤极限深度为 7.5 cm^[26], 小花锦葵种子出苗的土壤极限深度接近 6 cm, 苦豆子种子出苗限深度为 8 cm^[34]。但许多种子最适出苗深度为浅层土而非土壤表面, 如野西瓜苗^[19] 出苗率最高的土壤深度 2 cm、皱果芥 (*Rapistrum rugosum*) 的最适出苗深度为 1 cm^[38]。也有一些杂草种子对土壤深度较敏感, 如西亚大蒜芥种子在 2.5 mm 深度的土壤中萌发率不到 2%^[39]。 *Galenia pubescens* 种子在 1 cm 土壤中也不能萌发^[36]。随着土壤中种子分布深度的增加, 土壤中 O₂ 含量会不断增加或含量会持续下降, 需要较高 O₂ 或较低 CO₂ 浓度的种子出苗则较困

难。为深入揭示胜红蓟种子不能在深层土壤中萌发的原因,还有待开展空气对胜红蓟种子萌发影响的研究。

土壤酸碱度、盐度和渗透势常会成为植物生长的限制因子。本研究表明,胜红蓟种子在 pH 为 4—10 的范围内均能萌发,最适 pH 为 5—7。即使在 pH 为 4 的情况下,种子萌发率仍高达 40%。前人的研究表明,不同的杂草种子萌发对 pH 的响应是有差异的。如野西瓜苗种子可以在 pH 3—11 的区间萌发,尽管最适萌发 pH 为 7—8^[19]; *Caperonia palustris*、苦豆子、皱果芥种子在 pH 4—10 内萌发^[26]; *M. parviflora* 种子同样可在 pH 为 4—10 内萌发,在酸性环境下萌发率高,随着 pH 增大而增大^[34]。相反,还有一些杂草种子并不能在极端 pH 范围内萌发。本研究表明在 NaCl 浓度高至 160 mmol/L,胜红蓟种子仍有 30% 的萌发率,完全抑制种子萌发的 NaCl 的浓度为 320 mmol/L。本研究与杂草 *C. palustris* 种子萌发的研究结果高度一致^[26]。杂草 *M. parviflora* 种子在 80 mmol/L 的 NaCl 浓度下萌发率低至 10%,160 mmol/L 的浓度完全抑制种子萌发^[34];而对于苦豆子,种子在 360 mmol/L 的 NaCl 下仍有萌发。西亚大蒜芥种子萌发耐受 80 mmol/L 的渗透势,在 160 mmol/L 的渗透势下则不能萌发^[39]。我们的研究表明,胜红蓟种子在 -0.4—0 MPa 均能萌发,在 -0.4 MPa 种子的萌发率降到 30%, -0.6 MPa 已经完全抑制种子的萌发。由此可见,胜红蓟比较适应土壤湿度大的地方。这与笔者观察到胜红蓟主要分布于阴湿的环境,而在干燥土壤环境下较少发现的情况相一致。事实上很多杂草均有较强的渗透势耐受范围如野西瓜苗可以耐受 -0.8 MPa 的渗透压^[19]。皱果芥可在水势 -1.0 MPa 时达到 20% 萌发率, -1.3 MPa 的渗透势才能完全抑制住种子的萌发^[19]。苦豆子在 -1.3 MPa 仍有种子萌发^[34]。*C. palustris* 种子在渗透势在 -0.8 MPa 仍有接近 10% 的萌发率^[34]。小花锦葵的种子萌发在 -0.6 MPa 就完全抑制了,和本研究结果类似。可见,一般情况下,恶性杂草对部分或各种土壤胁迫条件如 pH、盐度和渗透势具有较宽的耐受范围。

由此可见,杂草胜红蓟种子是需光种子,在 10—30℃ 的交替温度环境萌发率较高。胜红蓟种子只能在土壤表面萌发,1 cm 的土壤深度就能完全抑制种子萌发。胜红蓟种子萌发具有较宽的 pH、NaCl 耐受范围,而对渗透势的耐受范围较小。

参考文献 (References):

- [1] Okunade A L. *Ageratum conyzoides* L. (Asteraceae). *Fitoterapia*, 2002, 73(1): 1-16.
- [2] Patil R P, Nimbalkar M S, Jadhav U U, et al. Antiflatogenic and antioxidant activity of an essential oil from *Ageratum conyzoides* L. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 2010, 90(4): 608-614.
- [3] Fadehan G D, Boamah D, Edoh D A, et al. Screening of *Ageratum conyzoides* Linn. and *Alchornea cordifolia* (Schumach. & Thonn.) extracts for antibacterial activity. *European Journal of Medicinal Plants*, 2015, 10(4): 1-7.
- [4] 陈建军, 孔垂华, 胡飞, 谭中文, 梁计南. 胜红蓟化感作用研究Ⅷ. 植株对花生和相关杂草的田间化感效应. *生态学报*, 2002, 22(8): 1196-1201.
- [5] Singh H P, Batish D R, Kaur S, Kohli R K. Phytotoxic interference of *Ageratum conyzoides* with wheat (*Triticum aestivum*). *Journal of Agronomy and Crop Science*, 2003, 189(5): 341-346.
- [6] 胡飞, 孔垂华, 徐效华, 周华. 胜红蓟黄酮类物质对柑桔园主要病原菌的抑制作用. *应用生态学报*, 2002, 13(9): 1166-1168.
- [7] 孔垂华, 徐效华, 陈建军, 胡飞, 谭中文. 胜红蓟化感作用研究Ⅸ. 主要化感物质在土壤中的转化. *生态学报*, 2002, 22(8): 1189-1195.
- [8] 孔垂华, 徐涛, 胡飞. 胜红蓟化感作用研究Ⅱ. 主要化感物质的释放途径和活性. *应用生态学报*, 1998, 9(3): 257-260.
- [9] Kong C H, Liang W, Hu F, Xu X H, Wang P, Jiang Y, Xing B S. Allelochemicals and their transformations in the *Ageratum conyzoides* intercropped citrus orchard soils. *Plant and Soil*, 2004, 264(1/2): 149-157.
- [10] Rajjou L, Duval M, Gallardo K, Catusse J, Bally J, Job C, Job D. Seed germination and vigor. *Annual Review of Plant Biology*, 2012, 63(1): 507-533.
- [11] Bewley J D, Bradford K, Hilhorst H, Nonogaki H. *Seeds: Physiology of Development, Germination and Dormancy* [M]. 3rd ed. New York: Springer-Verlag, 2012.
- [12] Chauhan B S, Gill G, Preston C. Factors affecting seed germination of annual sowthistle (*Sonchus oleraceus*) in southern Australia. *Weed Science*, 2006, 54(5): 854-860.
- [13] Chauhan B S, Johnson D E. Seed germination ecology of junglerice (*Echinochloa colona*): a major weed of rice. *Weed Science*, 2009, 57(3): 235-240.

- [14] Chauhan B S, Johnson D E. Seed germination and seedling emergence of giant sensitiveplant (*Mimosa invisa*). *Weed Science*, 2008, 56(2): 244-248.
- [15] Flematti G R, Ghisalberti E L, Dixon K W, Trengove R D. A compound from smoke that promotes seed germination. *Science*, 2004, 305(5686): 977.
- [16] Dekker J, Hargrove M. Weedy adaptation in *Setaria* spp. V. effects of gaseous environment on giant foxtail (*Setaria faberii*) (Poaceae) seed germination. *American Journal of Botany*, 2001, 89(3): 410-416.
- [17] Benvenuti S. Soil texture involvement in germination and emergence of buried weed seeds. *Agronomy Journal*, 2002, 95(1): 191-198.
- [18] Chachalis D, Reddy K N. Factors affecting *Campsis radicans* seed germination and seedling emergence. *Weed Science*, 2000, 48(2): 212-216.
- [19] Chachalis D, Korres N, Khah E M. Factors affecting seed germination and emergence of venice mallow (*Hibiscus trionum*). *Weed Science*, 2008, 56(4): 509-515.
- [20] Dyer A R, Fenech A, Rice K J. Accelerated seedling emergence in interspecific competitive neighbourhoods. *Ecology Letters*, 2000, 3(6): 523-529.
- [21] Bergelson J, Perry R. Interspecific competition between seeds: Relative planting date and density affect seedling emergence. *Ecology*, 1989, 70(6): 1639-1644.
- [22] 姜汉侨, 段昌群, 杨树华, 等. 植物生态学[M]. 北京: 高等教育出版社, 2004.
- [23] Clements C K, Harmon D, Young J A. Diffuse knapweed (*Centaurea diffusa*) seed germination. *Weed Science*, 2010, 58(6): 369-373.
- [24] Wei S H, Zhang C X, Li X J, Cui H L, Huang H J, Sui B F, Meng Q H, Zhang H J. Factors affecting buffalobur (*Solanum rostratum*) seed germination and seedling emergence. *Weed Science*, 2009, 57(5): 521-525.
- [25] Wang J, Ferrell J, Macdonald G, Sellers B. Factors affecting seed germination of cadillo (*Urena lobata*). *Weed Science*, 2009, 57(1): 31-35.
- [26] Koger C H, Reddy K N, Poston D H. Factors affecting seed germination, seedling emergence, and survival of texasweed (*Caperonia palustris*). *Weed Science*, 2004, 52(6): 989-995.
- [27] Kleemann S G L, Chauhan B S, Gill G S. Factors affecting seed germination of perennial wall rocket (*Diploaxis tenuifolia*) in southern Australia. *Weed Science*, 2007, 55(5): 481-485.
- [28] Li Y P, Feng Y L. Differences in seed morphometric and germination Traits of crofton weed (*Eupatorium adenophorum*) from different elevations. *Weed Science*, 2009, 57(1): 26-30.
- [29] Wu X, Li J, Xu H L, Dong L Y. Factors affecting seed germination and seedling emergence of Asia minor bluegrass (*Polypogon fugax*). *Weed Science*, 2015, 63(3): 440-447.
- [30] Li Q, Tan J J, Li W, Yuan G H, Du L, Ma S, Wang J X. Effects of environmental factors on seed germination and emergence of Japanese brome (*Bromus japonicus*). *Weed Science*, 2015, 63(3): 641-646.
- [31] Boyd N, Van Acker R. Seed germination of commol/Lon weed species as affected by oxygen concentration, light, and osmotic potential. *Weed Science*, 2004, 52(4): 589-596.
- [32] Jursik M, Soukup J, Holec J. Seed dormancy and germination of shaggy soldier (*Galinsoga ciliata* Blake.) and commol/Lon lambsquarter (*Chenopodium album* L.). *Plant Soil and Environment*, 2003, 49(11): 511-518.
- [33] Chauhan B S, Johnson D E. Influence of environmental factors on seed germination and seedling emergence of eclipta (*Eclipta prostrata*) in a tropical environment. *Weed Science*, 2008, 56(3): 383-388.
- [34] Chauhan B S, Gill G, Preston C. Factors affecting seed germination of little mallow (*Malva parviflora*) in southern Australia. *Weed Science*, 2006, 54(6): 1045-1050.
- [35] Nosratti I, Amiri S, Bagheri A, Chauhan B S. Environmental factors affecting seed germination and seedling emergence of foxtail sophora (*Sophora alopecuroides*). *Weed Science*, 2018, 66(1): 71-77.
- [36] Mahmood A H, Florentine S K, Chauhan B S, McLaren D A, Palmer G C, Wright W. Influence of various environmental factors on seed germination and seedling emergence of a noxious environmental weed: green galenia (*Galenia pubescens*). *Weed Science*, 2016, 64(3): 486-496.
- [37] Egley G H. Stimulation of weed seed germination in soil. *Reviews of Weed Science*, 1986, 2(2): 67-89. (该参考文献没有问题,期刊现在可能是停刊了)
- [38] Chauhan B S, Gill G, Preston C. Factors affecting turnipweed (*Rapistrum rugosum*) seed germination in southern Australia. *Weed Science*, 2006, 54(6): 1032-1036.
- [39] Chauhan B S, Gill G, Preston C. Influence of environmental factors on seed germination and seedling emergence of Oriental mustard (*Sisymbrium orientale*). *Weed Science*, 2006, 54(5): 1025-1031.