



张燕,欧阳爱莲,王飞,等. 胜红蓟种子在不同土壤环境的存活力[J]. 南京农业大学学报,2024,47(2):284-291.

ZHANG Yan, OUYANG Ailian, WANG Fei, et al. Seed viability of *Ageratum conyzoides* in different soil environments [J]. Journal of Nanjing Agricultural University, 2024, 47(2): 284-291.

胜红蓟种子在不同土壤环境的存活力

张燕, 欧阳爱莲, 王飞, 贾成成, 杨帆, 汤东生*

(云南农业大学省部共建生物多样性利用与保护国家重点实验室, 云南 昆明 650201)

摘要: [目的] 本文旨在通过探究胜红蓟种子在不同土壤环境中的存活力大小, 揭示胜红蓟种子在农田形成优势种群的原因。 [方法] 以胜红蓟种子为研究对象, 检测胜红蓟种子采收后 210 d 内在不同温度、湿度、深度、pH 值、盐浓度和渗透势土壤环境下存活力动态。 [结果] 在 10~30 °C 的土壤贮藏环境中, 210 d 内最适萌发温度始终为 20 °C, 因此, 将 20 °C 培养的胜红蓟种子萌发率作为表征种子存活力的指标。在不同的土壤温度、湿度环境中, 胜红蓟种子在 5~30 °C、土壤湿度 20% 环境中贮藏 120 d 的种子存活力均高于 90%。在土壤深度 20 cm, 贮藏 120 d 的胜红蓟种子存活力无显著下降; 贮藏深度达到 30 cm 种子存活力下降至 60%。在 pH 值为 4~10 环境中贮藏 120 d 的胜红蓟种子存活力一直维持在 95% 以上, 各处理之间无显著差异。在不同 NaCl 浓度的土壤环境中贮藏 150 d 的胜红蓟种子存活力无显著差异, 存活力均超过 95%; 贮藏 180 d 后, 160 mmol·L⁻¹ NaCl 处理种子存活力才显著低于其他处理。在渗透势高于 -0.8 MPa 的土壤环境中, 贮藏 150 d 各处理胜红蓟种子存活力保持在 95% 以上; 当渗透势达到 -1 MPa 时, 贮藏 180 d 的种子存活力下降至 85%。 [结论] 贮藏 210 d, 胜红蓟种子在不同梯度土壤温度、土壤湿度、pH 值、盐浓度、渗透势、深度的贮藏条件下存活力保持稳定, 显示出强大的适应性和耐受性, 可能是其成为热带亚热带地区农田恶性杂草的原因。

关键词: 胜红蓟; 土壤环境; 种子存活力; 持久性

中图分类号: S451

文献标志码: A

文章编号: 1000-2030(2024)02-0284-08

Seed viability of *Ageratum conyzoides* in different soil environments

ZHANG Yan, OUYANG Ailian, WANG Fei, JIA Chengcheng, YANG Fan, TANG Dongsheng*

(State Key Lab for Utilization and Protection of Biodiversity, Yunnan Agricultural University, Kunming 650201, China)

Abstract: [Objectives] The paper aimed to explore the viability of *Ageratum conyzoides* seeds in different soil environments to reveal the reasons why *A. conyzoides* seeds form dominant population in farmland. [Methods] This study was conducted to examine the seed viability and dynamic of *A. conyzoides* stored for 210 d after harvesting after storage at different temperature, humidity, depth, pH value, salt concentration and osmotic potential in soils. [Results] In the soil environment of 10-30 °C, the optimum germination temperature was always 20 °C. Therefore, the germination rate of seeds of *A. conyzoides* at 20 °C after the breaking of dormancy was used as a proxy for seed viability. The viability of seeds stored at 5-30 °C and soil humidity 20% for 120 d was higher than 90% under different soil temperature and humidity conditions. Seed viability did not decrease significantly after 180 d of storage at 20 cm of soil depth; it only decreased to 60% stored at 30 cm of soil depth. The viability of the seeds of *A. conyzoides* stored for 120 d at pH 4-10 was maintained above 95% with no significant differences among treatments. The seed viability of *A. conyzoides* stored for 150 d in different NaCl concentrations in the soil environment was unchanged more than 95%; after 180 d of storage, the viability of seeds treated with 160 mmol·L⁻¹ was significantly lower than that of the other treatments. Seed viability was maintained above 95% in all treatments when it was stored for 150 d in a soil environment with an osmotic potential above -0.8 MPa; it only decreased to 85% when it was stored for 180 d with an osmotic potential below -1 MPa. [Conclusions] It could be inferred that the seed viability of *A. conyzoides* showed strong adaptability and tolerance to fluctuations in soil temperature and humidity, pH value, salt concentration, osmotic potential, and burial depth in 210 d, which might be the reason for its becoming a destructive weed in agricultural fields in tropical subtropical regions.

Keywords: *Ageratum conyzoides*; soil environment; seed viability; persistence

胜红蓟 (*Ageratum conyzoides*), 别称藿香蓟, 属热带亚热带一年生农田恶性杂草, 原产于墨西哥, 现广泛分布于我国长江以南地区, 特别是广东、广西、福建、香港、云南以及海南等地区, 常年发生于农田、果园、

收稿日期: 2023-01-05

基金项目: 云南省重大科技专项 (202202AE090036); 国家自然科学基金项目 (32160650)

* 通信作者: 汤东生, 副教授, 研究方向为杂草生态控制, E-mail: tangds@ynau.edu.cn。

菜地、林地、路旁、山脚等环境,给秋熟作物田和果园造成严重危害^[1-5]。同时胜红蓟是一种具有强烈化感作用的植物,胜红蓟含有多种生物活性物质如生物碱类、黄酮类、色烯类、苯并呋喃类、萜类化感化合物。江贵波等^[6]研究发现,胜红蓟地上部挥发物对稗草、黑麦草和三叶鬼针草根长、株高和鲜重等有明显的抑制作用,一旦入侵农田很快通过抑制其他杂草生长成为优势种群,进而影响农作物正常生长,给农业生产带来极大的危害^[7-11]。杜丽思等^[12]研究发现,胜红蓟的最适萌发温度为 20 ℃,交替温度变化可促进种子萌发;陈仕红等^[13]研究表明胜红蓟种子在光照 16 h·d⁻¹时的生长势最好。尽管前人已经对胜红蓟种子萌发做了大量的研究,但胜红蓟种子在各土壤环境中不同贮藏时间的存活力变化规律却鲜有报道。研究胜红蓟在不同土壤环境中的存活力,对于降低胜红蓟土壤种子库和高效科学防治具有重要意义。

种子存活力是衡量田间杂草发生密度的一个重要指标,不同土壤环境条件杂草种子存活力不同。Shen-Miller 等^[14]研究发现干燥条件下保存 1 300 年的圣莲(*Nelumbo nucifera*)种子仍保持存活能力,这与日中花(*Mesembryanthemum nodiflorum*)种子存活力的研究结果相一致^[15];而同样在干燥环境下小花柳(*Tamarix parviflora*)与柳树(*Tamarix gallica*)的种子,90 d 后存活率分别从 89% 和 70.6% 下降到 8% 和 0%^[16],Jiang 等^[17]在罗布麻(*Apocynum venetum*)种子存活力的研究中有同样的结果。Saeed 等^[18]研究了温度、pH 值、盐度、渗透势以及埋藏深度对苍耳(*Xanthium strumarium*)种子存活的影响,发现温度、pH 值、盐度、渗透势对苍耳种子影响不显著,埋藏深度大于 3 cm 的种子存活力急剧下降。Pamplona 等^[19]认为三叶鬼针草(*Bidens subalternans*)种子对高温、水分胁迫和盐胁迫敏感。可见,种子存活力对不同贮藏时间和土壤环境影响不同^[20]。然而胜红蓟种子在不同环境条件下贮藏过程中存活率的变化鲜有研究。本研究以胜红蓟种子为研究对象,于 210 d 内分别将其贮藏在不同温度、湿度、深度、pH 值、盐浓度和渗透势的土壤环境中,逐月测定各土壤环境条件下胜红蓟种子存活率,通过模拟不同农田土壤环境,明确不同贮藏时间各土壤环境中种子存活力的变化规律,为制定科学有效防控措施提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料

胜红蓟种子于 2018 年 10 月 27 日采自云南省蒙自市新安所镇石榴园(23°32'48"N,103°43'20"E)胜红蓟植株上的成熟种子,种子采集回后在室温下将其晾干以备。

1.2 方法

1.2.1 不同贮藏时间胜红蓟种子存活力评价指标的建立 将收集的胜红蓟种子置于深度为 2 cm、土壤和沙质量比 4:1 的干燥环境中。从 11 月 9 日起,在以后 210 d 内,每间隔 30 d 从中取一批种子进行砂培萌发率的测定。萌发率=(萌发的种子数/供试种子数)×100%。选用 9 mm 的培养皿,放置厚度为 4~5 mm、粒径≤0.5 mm、质量约为 60 g 的石英砂,加 20 mL 纯水,每皿放置 30 粒种子,封上保鲜膜后置于人工气候培养箱中培养,4 次重复。采用目测以及手工检验的方法观测种子,胚根突破种皮 2 mm 视为种子萌发。参照 Zimdahl^[21]的方法,判定是腐烂种子还是休眠种子。以 14 d 的结果作为种子存活率。存活力=(存活的种子数/供试种子数)×100%。设置 5 种温度培养条件,分别为 10、15、20、25 和 30 ℃。种子培养时,12 h 光照处理,光照强度为 3 000 lx。每月检验一批种子,共检验 8 次。

1.2.2 土壤温度、湿度贮藏对胜红蓟种子存活率的影响 根据 1.2.1 节的试验,于胜红蓟种子贮藏 30 d 后开展本试验。取田间土壤,过直径 5 mm 的筛,土壤和沙质量比 4:1 混合,将其置于 120 ℃ 的烘箱中烘烤 24 h 后备用。取贮藏用的塑料盒,在盒底部装入 5 cm 厚的烘干土,将装有胜红蓟种子的尼龙袋放入塑料盒,再盖上 2 cm 厚的烘干土,设置 4 个土壤湿度(100%、80%、40%、0%)和 6 个土壤温度(5、10、15、20、25 和 30 ℃)共 24 种温度、湿度处理组合。根据湿度要求,向不同处理的塑料盒内加入适当的纯水,盖上盒盖,并对塑料盒做防光处理。按温度的差异,将其放置于不同恒温条件的培养箱中。贮藏过程中,每隔 7 d 左右检测土壤含水量,并补充缺失的水分。每个月拿出一批种子进行砂培试验,连续检验 6 次。砂培试验在 20 ℃ 的恒温培养箱内进行。砂培试验除温度设定不同外,其他培养条件同 1.2.1 节,4 次重复。

1.2.3 土壤深度对胜红蓟种子存活率的影响 试验设置条件基本同 1.2.2 节,将塑料盒换成高 40 cm 的 PVC 管。设置 5 个深度处理即 2、5、10、20 和 30 cm。根据处理深度的要求,在同一 PVC 管中加入 10 cm 深的烘干土,放入一层包有胜红蓟种子的尼龙袋,再加入 10 cm 厚的烘干土,然后交替加入种子袋和烘干土,直至将所有深度处理的种子袋均埋到土里。土壤含水量设置为 70%,根据事先测定饱和含水量所需

要的水量,加入土壤相对湿度为70%所需的纯水量。将PVC管用隔光塑料布包裹后,放在室内通风透光处。与1.2.2节的试验同期开展,贮藏过程中,每隔1周左右检测土壤含水量,并补充缺失的水分。种子存活活力检测方法同1.2.2节。

1.2.4 酸碱度对胜红蓟种子存活率的影响 设置pH值为4、5、6、7、8、9、10共7个梯度。参照Chachalis等^[22]的方法配制不同pH值的水溶液。即用 $1\text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ HCl调节 $2\text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ 邻苯二甲酸氢钾配制pH值为4的缓冲液;用 $1\text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ NaOH调节 $2\text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ 的MES[2-(N-吗啉)乙磺酸]配制pH值为5和6的缓冲液;用 $1\text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ NaOH调节 $2\text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ HEPES[N-(2-羟甲基)哌嗪-N'-(2-乙磺酸)]配制pH值为7和8的缓冲液。用 $1\text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ NaOH调节 $2\text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ 三甲基甘氨酸配制pH值为9和10的缓冲液。对照1.2.2节的土壤湿度设置,将装有种子的塑料袋装入塑料盒后,将不同pH值的水溶液按土壤相对含水量为70%的量分别加入相应土壤中,盖上盒盖。种子放置条件同1.2.3节。与1.2.2节的试验同期开展,贮藏过程中,每隔1周左右检测土壤含水量,并补充相应pH值的水溶液。种子存活活力检测方法同1.2.2节。

1.2.5 盐和渗透势对胜红蓟种子存活率的影响 配制0、10、20、40、80和160 $\text{mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ NaCl共6个浓度的溶液。参照Chachalis等^[22]的方法,将PEG8000分别配制成0、-0.1、-0.2、-0.4、-0.6、-0.8、-1.0 MPa的溶液。对照1.2.2节的土壤湿度设置,将装有种子的塑料袋装入塑料盒,再将不同浓度的盐溶液或渗透势的溶液按土壤相对含水量为70%分别加入相应土壤中,盖上盒盖。种子放置条件同1.2.3节。与1.2.2节的试验同期开展,贮藏过程中,每隔1周左右检测土壤含水量,并用相应浓度的盐溶液或渗透势溶液补充缺失的水分。种子存活活力检测方法同1.2.2节。

1.3 数据分析

采用Excel 2010软件对数据进行统计和分析。采用SPSS 64软件进行单因素方差分析和LSD多重比较,贮藏180 d的土壤湿度与土壤温度的交互作用对胜红蓟种子存活力的耐受性评价采用双因素方差分析(ANOVA)进行检验。使用Origin 2021软件绘图。

2 结果与分析

2.1 胜红蓟种子存活力指标的确立

从图1可知,对采收7 d的胜红蓟种子进行萌发试验发现,胜红蓟种子萌发率较低;但贮藏30 d后胜红蓟种子的萌发率显著升高,可见胜红蓟种子在成熟后具有短暂性休眠。收获后,在10~30℃培养中,胜红蓟种子的萌发率低于62%,而在10和30℃条件下种子不萌发。随着贮藏时间的延长,种子开始度过休眠,20℃条件下,种子萌发率上升较快,经过30 d的贮藏种子萌发率达到95%,随后贮藏150 d中,种子萌发率一直维持在98%以上。经检测,极少数未萌发的种子,基本腐烂变质,不存在休眠的种子。种子最适萌发温度自始至终为20℃,并不会随贮藏时间的延长而改变。种子贮藏120 d后,在恒温15和25℃的培养条件下,种子萌发率已经超过80%;种子贮藏150 d后,恒温15和25℃培养条件下,种子萌发率达到95%以上。在10℃的培养条件下,种子贮藏150 d后萌发率超过50%;种子贮藏210 d,30℃恒温下种子萌发率仍然没有达到30%。由此可见,胜红蓟种子度过休眠后,在最适温度条件下,种子长期稳定维持极高的萌发率,无休眠状态的种子。种子萌发率高则存活率高。因此,在非休眠期种子萌发率接近100%的情况下,可将胜红蓟的种子萌发率作为考察种子存活力的指标。因此,我们将胜红蓟种子在20℃时的萌发率作为种子存活力的指标。

2.2 土壤温度、湿度对胜红蓟种子存活力的影响

不同于贮藏在自然环境中胜红蓟种子的存活力动态,将休眠破除的胜红蓟种子贮藏到各种温度、湿度组合土壤环境中,随着贮藏时间的延长,种子的存活力有缓慢下降的趋势(表1)。土壤温度在10~30℃环境下,不管湿度如何变化,胜红蓟种子在前60 d的贮藏期内,几乎维持100%的存活率。即使将种子继续在湿度高于40%的土壤中贮藏120 d(共180 d)种子的存活力仍高于90%。在高温(30℃)高湿

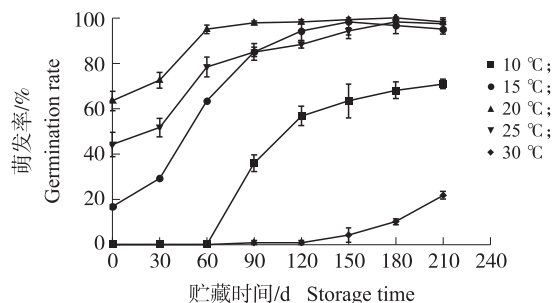


图1 胜红蓟种子成熟后的萌发动态

Fig. 1 Seed germination dynamics of *Ageratum conyzoides* after ripening

(100%) 环境下, 种子贮藏 180 d 存活力最高, 始终维持在 100%。但胜红蓟种子在干燥贮藏环境下, 种子存活力衰败要快得多。在贮藏 180 d 后, 6 种温度处理中, 贮藏在干燥土壤中的种子的存活力显著低于其他处理, 其中贮藏在 5 °C 干燥的土壤环境中的种子存活力只有 80%。将土壤温度和湿度对贮藏 180 d 的种子存活力做交互作用分析(表 2) 发现, 土壤温度和湿度均对种子存活力起作用, 其中土壤湿度对种子存活力影响更显著, 并且土壤湿度与温度之间存在一定的交互作用。在自然条件下, 土壤的湿度不可能处于绝对干燥状态, 大多情况下会维持在 40% 以上, 种子的存活力基本高于 90%。由此可见, 胜红蓟种子在成熟脱落进入土壤后在正常的土壤温度、湿度环境下不易腐败, 其存活力对土壤温度、湿度变化表现极强的耐受性。

表 1 不同土壤温湿条件下胜红蓟种子存活力动态

Table 1 Seed viability dynamics of *A. conyzoides* at various combination of soil temperature and humidity

土壤温度/°C Soil temperature	土壤湿度/% Soil humidity	不同贮藏时间种子存活力/% Seed viability at different storage time					
		30 d	60 d	90 d	120 d	150 d	180 d
5	0	90.00±0.00 ^c	87.78±1.11 ^c	86.67±1.93 ^c	84.44±1.11 ^c	83.33±1.93 ^f	80.00±0.00 ⁱ
	40	100.00±0.00 ^a	97.78±1.11 ^{ab}	97.78±1.11 ^{abc}	96.67±1.93 ^{ab}	95.56±1.11 ^{abc}	84.44±1.11 ^{gh}
	80	100.00±0.00 ^a	98.89±1.11 ^{ab}	97.78±1.11 ^{abc}	96.67±1.93 ^{ab}	95.56±1.11 ^{abc}	92.22±1.11 ^{ede}
	100	100.00±0.00	100.00±0.00 ^a	100.00±0.00 ^a	100.00±0.00 ^a	97.78±1.11 ^{abc}	96.67±0.00 ^{ab}
10	0	96.67±0.00 ^b	96.67±0.00 ^b	96.67±1.93 ^{abcd}	94.44±1.11 ^b	90.00±1.92 ^{de}	83.33±1.93 ^{hi}
	40	100.00±0.00 ^a	100.00±0.00 ^a	98.89±1.11 ^{ab}	96.67±0.00 ^{ab}	95.56±1.11 ^{abc}	92.22±1.11 ^{ede}
	80	100.00±0.00 ^a	100.00±0.00 ^a	98.89±1.11 ^{ab}	97.78±2.22 ^{ab}	96.67±1.93 ^{abc}	95.56±1.11 ^{bc}
	100	100.00±0.00 ^a	100.00±0.00 ^a	100.00±0.00 ^a	100.00±0.00 ^a	98.89±1.11 ^{ab}	96.67±1.93 ^{ab}
15	0	97.78±2.22 ^b	96.67±1.93 ^b	93.33±1.93 ^d	86.67±1.93 ^c	86.67±1.93 ^{ef}	84.44±1.11 ^{gh}
	40	100.00±0.00 ^a	97.78±1.11 ^{ab}	94.44±1.11 ^{cd}	96.67±0.00 ^{ab}	96.67±1.93 ^{abc}	92.22±1.11 ^{ede}
	80	100.00±0.00 ^a	100.00±0.00 ^a	98.89±1.11 ^{ab}	97.78±1.11 ^{ab}	96.67±1.93 ^{abc}	96.67±1.93 ^{ab}
	100	100.00±0.00 ^a	100.00±0.00 ^a	100.00±0.00 ^a	100.00±0.00 ^a	96.67±0.00 ^{abc}	96.67±0.00 ^{ab}
20	0	100.00±0.00 ^a	98.89±1.11 ^{ab}	96.67±1.93 ^{abcd}	96.67±1.93 ^{ab}	94.44±2.94 ^{bed}	85.56±1.11 ^{gh}
	40	100.00±0.00 ^a	100.00±0.00 ^a	96.67±1.93 ^{abcd}	96.67±1.93 ^{ab}	96.67±1.93 ^{abc}	96.67±1.93 ^{ab}
	80	100.00±0.00 ^a	100.00±0.00 ^a	100.00±0.00 ^a	98.89±1.11 ^{ab}	96.67±0.00 ^{abc}	96.67±1.93 ^{ab}
	100	100.00±0.00 ^a	100.00±0.00 ^a	100.00±0.00 ^a	100.00±0.00 ^a	98.89±1.11 ^{ab}	97.78±1.11 ^{ab}
25	0	100.00±0.00 ^a	97.78±1.11 ^{ab}	95.56±1.11 ^{bcd}	94.44±2.94 ^b	93.33±0.00 ^{cd}	87.78±2.22 ^{fg}
	40	100.00±0.00 ^a	98.89±1.11 ^{ab}	97.78±1.11 ^{abc}	96.67±1.93 ^{ab}	96.67±1.93 ^{abc}	90.00±0.00 ^{ef}
	80	100.00±0.00 ^a	100.00±0.00 ^a	97.78±2.22 ^{abc}	96.67±0.00 ^{ab}	94.44±1.11 ^{bed}	96.67±1.93 ^{abc}
	100	100.00±0.00 ^a	100.00±0.00 ^a	100.00±0.00 ^a	100.00±0.00 ^a	100.00±0.00 ^a	100.00±0.00 ^a
30	0	100.00±0.00 ^a	97.78±1.11 ^{ab}	96.67±1.93 ^{abcd}	96.67±0.00 ^{ab}	94.44±1.11 ^{bed}	91.11±1.11 ^{def}
	40	100.00±0.00 ^a	100.00±0.00 ^a	97.78±1.11 ^{abc}	98.89±1.11 ^{ab}	96.67±0.00 ^{abc}	94.44±1.11 ^{bed}
	80	100.00±0.00 ^a	100.00±0.00 ^a	100.00±0.00 ^a	98.89±1.11 ^{ab}	96.67±0.00 ^{abc}	96.67±0.00 ^{ab}
	100	100.00±0.00 ^a	100.00±0.00 ^a	100.00±0.00 ^a	100.00±0.00 ^a	100.00±0.00 ^a	100.00±0.00 ^a

注: 同列不同小写字母表示各处理间差异显著 ($P < 0.05$), 表中数据为平均值±标准误。Different lowercase letters in each column mean significant differences among difference treatments ($P < 0.05$), and the data in the table are average value±standard error.

表 2 土壤温度和土壤湿度及二者的交互作用对贮藏 180 d 胜红蓟种子存活力的影响

Table 2 Effects of soil temperature and soil moisture and their interaction on viability of *A. conyzoides* after 180 d of storage

来源 Source	DF	SS	MS	F	P	显著性 Significance
土壤温度 Soil temperature	5	1 225.795	245.159	49.586	0	***
土壤湿度 Soil humidity	3	890.607	296.869	60.045	0	***
温度/湿度 Temperature/humidity	15	301.221	20.081	4.062	0	***

Note: *** $P < 0.001$.

2.3 土壤深度和酸碱度对胜红蓟种子存活力的影响

从图 2 可知, 贮藏 180 d 的胜红蓟种子, 经过 180 d 的贮藏, 种子存活力表现出一定差异。种子贮藏深度在 2~20 cm 的土壤中, 种子存活力未发现显著下降, 均维持在 95% 以上, 处理之间差异不显著。将种子贮藏到 30 cm 的土壤中 120 d, 种子存活力开始显著下降, 降低至 80%; 贮藏 180 d, 存活

力降低至60%,远低于其他处理。这表明胜红蓟种子在深度达30 cm的土壤环境中存活率显著下降,主要是由土壤中氧气不足引起的,与湿度无关。但胜红蓟种子存活率仍可达到60%,说明其对低氧土壤环境有较高的耐受性。

从图3可知,胜红蓟在不同土壤酸碱度条件下,种子存活率表现稳定。在湿度为70%、pH值为4~10的土壤环境中,随着贮藏时间的延长,种子存活率虽有微弱下降趋势,但均高于90%。不论在中性环境中,还是在酸性或碱性土壤环境中,180 d贮藏期内各处理之间差异不显著($P>0.05$)。在农业栽培环境下,土壤酸碱度很少能低于4或高于10,胜红蓟种子对土壤酸碱度显示出极强的耐受性。

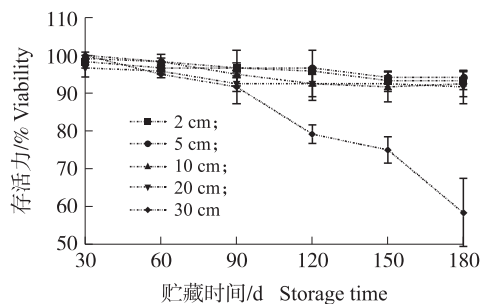


图2 不同土壤深度条件下胜红蓟种子存活力
Fig. 2 Seed viability of *A. conyzoides* at various bury depth in soil

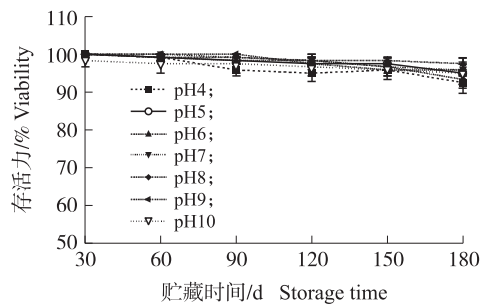


图3 不同土壤pH值条件下胜红蓟种子存活力
Fig. 3 Seed viability of *A. conyzoides* at various pH value in soil

2.4 不同土壤盐浓度和渗透势对胜红蓟种子存活力的影响

胜红蓟种子存活力对土壤盐分也表现出较高的稳定性(图4)。胜红蓟种子贮藏在 $0\sim 160\text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ NaCl环境下,随着贮藏时间的延长,存活率呈缓慢下降趋势,但是变化幅度不大。150 d之前,种子存活力均高于95%,各处理之间无显著差异($P>0.05$)。贮藏180 d,在 $160\text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ NaCl土壤环境中,其存活力低于90%。因此,胜红蓟种子对高盐土壤环境表现出极高的耐受性。

土壤渗透势对胜红蓟种子存活力的影响规律类似于土壤盐含量,种子存活力随着贮藏时间的延长而逐渐下降(图5)。而且,土壤渗透势越低,存活力随贮藏时间延长下降的幅度越大。在 -1 MPa 的土壤环境下,贮藏90 d,种子存活力开始明显低于其他处理($P<0.05$),而贮藏150 d,种子存活力低于其他处理10%以上。而在 $-0.8\sim 0\text{ MPa}$ 土壤环境中贮藏180 d,种子的存活力显著低于其他5个处理,但略高于 -1 MPa 的处理。在 -1 MPa 的土壤中贮藏180 d的胜红蓟种子存活力仍高于85%。因而,在农作物可适应生长的土壤渗透势环境下,胜红蓟种子存活力几乎不会受土壤水势的影响。

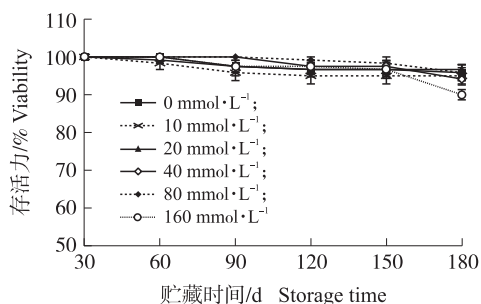


图4 不同土壤盐浓度条件下胜红蓟种子存活力
Fig. 4 Seed viability of *A. conyzoides* at various NaCl concentration in soil

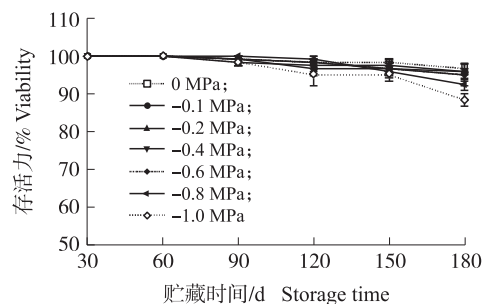


图5 不同土壤渗透势条件下胜红蓟种子存活力
Fig. 5 Seed viability of *A. conyzoides* at various osmotic potential in soil

3 讨论

化学防治是杂草治理最经济有效的手段,但除草剂残留药害和杂草抗药性仍是杂草化学防治推广应用的两大难题。寻找生态环保的杂草防治措施,是杂草科学研究的重点和未来发展方向。“预防为主、综合防治”是植物保护长期以来坚持的方针。从种子入手,控制种子萌发的数量、降低危害基数是最基本的杂草预防措施。

萌发的杂草种子来源于土壤耕作历史上留下的有活力种子。在作物收获后的间隔期内,田间土壤状况、气候条件和农事操作必然对其中杂草种子的存活产生影响,从而影响下季作物田杂草的发生危害状况^[23]。许多生态学家研究各种种子在土壤中的存活力,旨在明确不同种子在土壤中的持久性差异。van der Valk 等^[24]发现苔草属(*Carex*)的种子在贮藏 180 d 后基本失去活力,不具萌发能力,反枝苋(*Setaria viride* L.)种子埋藏 3 年半时间基本失去发芽能力。狗尾草(*Amaranthus retroflexus* L.)种子埋藏 5 年后仍有 10% 的种子具有发芽能力^[25]。日中花(*Mesembryanthemum nodiflorum*)种子在室温下干燥储存 32 年后仍然具有较高的存活力^[15];埋藏在 3 cm 以下的三齿蒿(*Artemisia tridentata*)种子 2 年以后种子存活力为 30%~40%,而在土壤表面基本全部死亡^[26]。在贮藏过程中,由于时间的推移,活性氧物质(ROS)的积累,增加了脂肪的氧化和水解^[27-28],种子逐渐失去活力,可见贮藏时间也是影响种子存活力的一个重要因素。本研究虽然只研究了种子成熟后 210 d 的种子存活力,但着眼于前茬作物收获后田间土壤环境对土壤种子存活力的影响,对于控制杂草的发生具有一定针对性。在 10~30 ℃、相对湿度 $\geq 40\%$ 的土壤环境,种子存活力均能维持到 95% 以上,可见,胜红蓟种子对土壤温度、湿度的适宜范围较广,是成为农田优势杂草的原因之一。

Manalil 等^[29]研究表明,茺菁(*Rapistrum rugosum*)对温暖的环境条件具有较高的适应性;朴英等^[25]研究表明,杂草种子出苗最适宜的土壤相对湿度为 40%;强胜等^[30]研究表明,夏季的高温高湿条件为杂草的入侵提供了有利的条件,本文研究结果与以上研究结果一致。本研究中,在 pH 值 4~10 时,种子的存活力几乎不受影响,而土壤中盐度在 160 mmol·L⁻¹时种子存活率下降 5%,渗透势低至 -1 MPa,种子存活率下降 10%,但这样的土壤条件已经失去耕作价值。因此,上茬作物收获后,进入土壤中的胜红蓟种子在土壤正常 pH 值、盐度和渗透势条件下,几乎没有损失,从而对后茬作物生产构成巨大威胁。高海涛等^[31]研究表明,耿氏假硬草(*Pseudosclerochloa kengiana*)种子在 pH 值 4~10 均能萌发。但 Pakeman 等^[32]通过 10 年试验检测了土壤条件对 12 种植物种子存活力的影响,发现高 pH 值、低湿度、低 C/N 的土壤条件下种子存活力更高。本研究中,胜红蓟种子在土壤深度为 20 cm 的存活力较高,不同深度之间没有显著差异,与 Reuss 等^[33]研究结果一致。Yenish 等^[34]研究表明胜红蓟种子随着耕作深度的增加,土壤中有活力种子数量下降;三叉针茅(*Nassella trichotom*)种子埋藏在 0~4 cm 的土壤中,1 年后仅有不到 10% 的种子存在活力^[27]。在本研究中,胜红蓟种子的埋藏深度达到 30 cm 时,随着贮藏时间的延长存活力呈下降趋势,贮藏 180 d 存活力下降至 60%,可见深埋对防控胜红蓟具有一定的效果。

田间调查取样发现,随着耕作深度的增加,土壤中有活力种子数量下降,同样不同翻耕方式也有差异^[34]。杜丽思等^[12]曾研究了常见环境因素对胜红蓟种子萌发的影响,明确其种子萌发对多种环境因素有较宽的适应范围,但发现胜红蓟是一种严格需光的种子,种子通常只能在土壤表面才能萌发。本研究是将种子置于各种无光的土壤环境中,虽然很多条件可能会加速种子变质或腐败,但贮藏 180 d 种子存活力基本不受影响,这可能与胜红蓟种子需要光照来打破休眠,从而延长其种子寿命有关。研究土壤中种子的存活力工作量巨大,主要是植物生态学研究工作者,将杂草种子埋入土壤后,通过几年甚至几十年时间去研究不同种子的萌发状况,得到了一些种子的存活力大小。这些研究对明确杂草种子的持久性有一定作用,但对杂草生态控制的意义并不大,因为这些研究并没有考虑土壤环境因素的具体指标,也没有定向研究这些因素,特别是农事活动引发的种子存活力问题。胜红蓟为亚热带秋熟作物田杂草,因此,研究胜红蓟种子在作物收获后的几个月内的存活力更具实际价值。本研究结果表明,胜红蓟种子存活力不易受到土壤环境因子波动的影响,短期内通过生态调控措施降低其存活力难度较大。

综上所述,胜红蓟种子成熟后,经过 30 d 的自然贮藏,很快度过休眠。在没有胁迫的条件下,休眠破除的种子在 180 d 内一直保持着约 100% 的萌发率和存活力。不同温度、湿度贮藏环境对胜红蓟种子存活有一定影响。贮藏 180 d 后,低温低湿环境种子存活力下降较快,高温高湿环境种子存活力几乎没有受到影响。在 pH 值 4~10 的贮藏条件中,180 d 后胜红蓟种子存活力几乎没有变化。种子贮藏深度达到 30 cm 在贮藏 180 d 后,种子存活力才显著下降。随贮藏盐浓度的增加和贮藏时间的延长,种子存活力呈缓慢下降的趋势;但 160 mmol·L⁻¹ 的土壤盐度环境中种子存活率仍高于 90%;同样,随着土壤渗透势的增加,随着贮藏时间的延长,种子存活力虽有一定程度的下降,但 -1 MPa 的土壤环境,种子存活力仍高达 85%。由此可见,秋熟作物收获后,采用深翻和控水措施,保持较低的土壤湿度,可作为一种有效的控制农田胜红蓟发生的生态措施。

参考文献 References:

- [1] 蒋明. 入侵浙江丽水的外来杂草及其在蔬菜地发生规律的研究[D]. 杭州:浙江大学,2004:5-22.
Jiang M. Studies on alien invasive weeds in Lishui and their occurrence in fields of vegetable crops[D]. Hangzhou: Zhejiang University, 2004:5-22 (in Chinese with English abstract).
- [2] 杨建东,郭莉娜,王自然,等. 云南省主要柠檬产区杂草组成及群落特征[J]. 江苏农业科学,2019,47(22):133-137.
Yang J D, Guo L N, Wang Z R, et al. Species composition and characterization of weed community in main lemon producing areas of Yunnan Province[J]. Jiangsu Agricultural Sciences, 2019, 47(22):133-137 (in Chinese).
- [3] 李石初,唐照磊,杜青,等. 广西玉米主产区田间主要杂草调查简报[J]. 现代农业科技,2016(4):102-103.
Li S C, Tang Z L, Du Q, et al. Investigation on main weeds in field of main maize production areas in Guangxi[J]. Modern Agricultural Science and Technology, 2016(4):102-103 (in Chinese with English abstract).
- [4] 杨雨环,叶照春,代飞,等. 安顺市烟田杂草的种类及发生危害状况[J]. 贵州农业科学,2014,42(8):116-118,123.
Yang Y H, Ye Z C, Dai F, et al. Species and damage status of weeds in tobacco fields in Anshun city[J]. Guizhou Agricultural Sciences, 2014, 42(8):116-118,123 (in Chinese with English abstract).
- [5] Hu F G, Li R F, Bi X F, et al. Investigation of types and hazard of weeds in *Coffea arabica* orchards in Nujiang River Basin[J]. Agricultural Science & Technology, 2012, 13(11):2367-2369.
- [6] 江贵波,陈锦霞,陈少雄,等. 入侵物种胜红蓟挥发物和渣液对杂草的化感作用[J]. 湖南农业大学学报(自然科学版),2012,38(4):413-416.
Jiang G B, Chen J X, Chen S X, et al. Allelopathic potentials of volatiles and liquid residue from *Ageratum conyzoides*[J]. Journal of Hunan Agricultural University(Natural Science Edition), 2012, 38(4):413-416 (in Chinese with English abstract).
- [7] 李光义,侯宪文,邹雨坤,等. 3种牧草不同搭配方式对胜红蓟的替代控制[J]. 杂草科学,2013,31(2):19-25.
Li G Y, Hou X W, Zou Y K, et al. Replacement control effects of three pasture species combinations on *Ageratum conyzoides*[J]. Weed Science, 2013, 31(2):19-25 (in Chinese with English abstract).
- [8] 周兵,闫小红,肖宜安,等. 不同生境下入侵植物胜红蓟种群构件生物量分配特性[J]. 生态学报,2015,35(8):2602-2608.
Zhou B, Yan X H, Xiao Y A, et al. Module biomass of *Ageratum conyzoides* populations in different habitats[J]. Acta Ecologica Sinica, 2015, 35(8):2602-2608 (in Chinese with English abstract).
- [9] 吴亚娟,何兴金. 利用蚕豆根尖微核试验研究入侵植物胜红蓟的化感作用潜力[J]. 植物保护,2012,38(1):24-30.
Wu Y J, He X J. Allelopathic potential of the invasive plant *Ageratum conyzoides* with *Vicia*-micronucleus test[J]. Plant Protection, 2012, 38(1):24-30 (in Chinese with English abstract).
- [10] 李金强,罗悻,罗素兰,等. 果园种植藿香蓟+增施有机肥对从江椪柑产质量的影响[J]. 贵州农业科学,2018,46(2):105-107,111.
Li J Q, Luo Y, Luo S L, et al. Effects of planting *Ageratum conyzoides* and applying organic manure on yield and quality of Congjiang *Citrus* garden[J]. Guizhou Agricultural Sciences, 2018, 46(2):105-107,111 (in Chinese with English abstract).
- [11] Okunade A L. *Ageratum conyzoides* L. (Asteraceae)[J]. Fitoterapia, 2002, 73(1):1-16.
- [12] 杜丽思,李钊,董玉梅,等. 胜红蓟种子萌发/出苗对环境因子的响应[J]. 生态学报,2019,39(15):5662-5669.
Du L S, Li R, Dong Y M, et al. Seed germination and seedling emergence of *Ageratum conyzoides* in response to different environmental factors[J]. Acta Ecologica Sinica, 2019, 39(15):5662-5669 (in Chinese with English abstract).
- [13] 陈仕红,叶照春,冉海燕,等. 不同环境条件对外来入侵杂草胜红蓟生物学特性的影响[J]. 贵州农业科学,2018,46(9):64-66.
Chen S H, Ye Z C, Ran H Y, et al. Effect of different environmental condition on biological characteristics of *Ageratum conyzoides*, an exotic invasion weed[J]. Guizhou Agricultural Sciences, 2018, 46(9):64-66 (in Chinese with English abstract).
- [14] Shen-Miller J, Mudgett M B, Schopf J W, et al. Exceptional seed longevity and robust growth: ancient Sacred Lotus from China[J]. American Journal of Botany, 1995, 82(11):1367-1380.
- [15] Gutterman Y, Gendler T. Annual rhythm of germination of seeds of *Mesembryanthemum nodiflorum* 32 years after collection[J]. Seed Science Research, 2005, 15(3):249-253.
- [16] Terrones A, Moreno J, Agulló J C, et al. Influence of salinity and storage on germination of *Tamarix* taxa with contrasted ecological requirements[J]. Journal of Arid Environments, 2016, 135:17-21.
- [17] Jiang L, She C W, Tian C Y, et al. Storage period and different abiotic factors regulate seed germination of two *Apocynum* species: cash crops in arid saline regions in the northwestern China[J]. Frontiers in Plant Science, 2021, 12:671157.
- [18] Saeed A, Hussain A, Khan M I, et al. The influence of environmental factors on seed germination of *Xanthium strumarium* L.: implications for management[J]. PLoS One, 2020, 15(10):e0241601.
- [19] Pamplona D R J, Souza M D F, Sousa D M M, et al. Seed germination of *Bidens subalternans* DC. exposed to different environmental factors[J]. PLoS One, 2020, 15(5):e0233228.
- [20] Fleming M B, Hill L M, Walters C. The kinetics of ageing in dry-stored seeds: a comparison of viability loss and RNA degradation in unique legacy seed collections[J]. Annals of Botany, 2019, 123:1133-1146.
- [21] Zimdahl R L. Fundamentals of Weed Science[M]. Amsterdam: Elsevier Inc., 2007:271-335.
- [22] Chachalis D, Reddy K N. Factors affecting *Campsis radicans* seed germination and seedling emergence[J]. Weed Science, 2000, 48(2):212-216.

- [23] Kumar A, Choudhary T, Das S, et al. Weed seed bank: impacts and management for future crop production[M]//Agronomic Crops. Singapore: Springer, 2019: 207-223.
- [24] van der Valk A G, Bremholm T L, Gordon E. The restoration of sedge meadows: seed viability, seed germination requirements, and seedling growth of *Carex* species[J]. Wetlands, 1999, 19(4): 756-764.
- [25] 朴英, 付迎春, 胡凡. 狗尾草和反枝苋种子萌发条件的研究[J]. 黑龙江农业科学, 2004(4): 23-25.
Piao Y, Fu Y C, Hu F. Studies on germinating factors for weed seeds of *Setaria viridis* and *Amaranthus retro Flexus*[J]. Heilongjiang Agricultural Science, 2004(4): 23-25 (in Chinese with English abstract).
- [26] Wijayratne U C, Pyke D A. Burial increases seed longevity of two *Artemisia tridentata* (Asteraceae) subspecies[J]. American Journal of Botany, 2012, 99(3): 438-447.
- [27] Wiebach J, Nagel M, Börner A, et al. Age-dependent loss of seed viability is associated with increased lipid oxidation and hydrolysis[J]. Plant, Cell & Environment, 2020, 43(2): 303-314.
- [28] López-Fernández M P, Moyano L, Correa M D, et al. Deterioration of willow seeds during storage[J]. Scientific Reports, 2018, 8: 17207.
- [29] Manalil S, Haider Ali H, Chauhan B S. Germination ecology of turnip weed (*Rapistrum rugosum* L.) in the northern regions of Australia[J]. PLoS One, 2018, 13(7): e0201023.
- [30] 强胜, 张欢. 中国农业生态系统外来植物入侵及其管理现状[J]. 南京农业大学学报, 2022, 45(5): 957-980. DOI: 10.7685/jnau.202112038.
Qiang S, Zhang H. Invasion and management of plants in agroecosystems in China[J]. Journal of Nanjing Agricultural University, 2022, 45(5): 957-980 (in Chinese with English abstract).
- [31] 高海涛, 吴希宝, 于佳星, 等. 耿氏假硬草种子萌发条件的研究[J]. 南京农业大学学报, 2017, 40(5): 835-841. DOI: 10.7685/jnau.201701034.
Gao H T, Wu X B, Yu J X, et al. Study on the environment factors affecting seed germination of *Pseudosclerochloa kengiana*[J]. Journal of Nanjing Agricultural University, 2017, 40(5): 835-841 (in Chinese with English abstract).
- [32] Pakeman R J, Small J L, Torvell L. Edaphic factors influence the longevity of seeds in the soil[J]. Plant Ecology, 2012, 213(1): 57-65.
- [33] Reuss S A, Buhler D D, Gunsolus J L. Effects of soil depth and aggregate size on weed seed distribution and viability in a silt loam soil[J]. Applied Soil Ecology, 2001, 16(3): 209-217.
- [34] Yenish J P, Doll J D, Buhler D D. Effects of tillage on vertical distribution and viability of weed seed in soil[J]. Weed Science, 1992, 40(3): 429-433.

责任编辑: 刘怡辰