

黄花补血草形态结构及其生育期研究

王鑫, 金娜, 赵连鑫, 何彩
(武威市林业科学研究院, 甘肃 武威 733000)

摘要: 通过研究黄花补血草形态结构及物候期表现, 掌握其在河西地区的生长发育情况, 为黄花补血草人工栽培提供依据。采用显微观察、发芽试验和人工种植的方法对黄花补血草形态结构及其生育期进行了研究。结果表明, 黄花补血草花序轴单生或丛出, 顶端着生穗状花序。穗状花序上着生小穗3~5个, 小穗由3朵小花组成。小花由花柄和花冠组成, 1朵小花内有1粒种子, 种子位于漏斗状花冠内部。黄花补血草种子千粒重为0.687 g, 种子由胚、胚乳和种皮组成, 为有胚乳双子叶种子; 种子吸水量为干种子重量的69.0%, 1~2 h内吸水最快; 种子发芽率为96.0%, 发芽势为57.7%。种植当年即能开花结实, 但营养生长期长于第2年。表明黄花补血草种子为有胚乳双子叶种子, 种子8 h吸水饱和, 吸水后即萌动, 无休眠, 当年种植即能开花结实。

关键词: 黄花补血草; 形态结构; 种子; 花; 物候期

中图分类号: S567.23

文献标志码: A

文章编号: 2097-2172(2024)10-0916-05

doi: 10.3969/j.issn.2097-2172.2024.10.006

Study on the Morphological Structure and Growth Period of *Limonium aureum* (L.) Hill

WANG Xin, JIN Na, ZHAO Lianxin, HE Cai
(Wuwei Academy of Forestry, Wuwei Gansu 733000, China)

Abstract: In order to clarify the morphological structure and growth period of *Limonium aureum* so as to master its growth and development in the Hexi region, and provide a basis for its artificial cultivation, experimental studies were conducted using microscopic observation, germination experiments, and artificial planting methods. The results indicate that the inflorescence axis of *Limonium aureum* is single or clustered, and the top is accompanied by a spike like inflorescence. On the spike like inflorescence, there are 3 to 5 spikelets, which are composed of 3 small flowers. A small flower consists of a stem and a corolla. Each small flower contains one seed, which is located inside a funnel-shaped corolla. The thousand-seed weight of *Limonium aureum* is 0.687g, and the seed is composed of embryo, endosperm, and seed coat. It is a dicotyledonous seed with endosperm. The water absorption capacity of *Limonium aureum* seeds is 69.0% of the weight of dry seeds, and the fastest water absorption occurs within 1 to 2 hours. The germination rate and germination potential of *Limonium aureum* seeds are 96.0% and 57.7%, respectively. It can bloom and bear fruit in the first year of planting, but the nutritional growth period is longer than the second year. This study indicates that the seeds of *Limonium aureum* are dicotyledonous seeds with endosperm. After 8 hours of water absorption, the seeds are saturated and begin to sprout without dormancy. They can bloom and bear fruit when planted that year.

Key words: *Limonium aureum*; Morphological structure; Seed; Flower; Phenological period

黄花补血草 [*Limonium aureum* (L.) Hill.] 是白花丹科补血草属植物, 别名黄花矾松、金匙叶草和黄花苍蝇架等^[1-2]。为多年生草本, 是一种耐盐性很强的旱生泌盐植物, 在我国华北北部、西北各省区和四川北部均有分布^[1]。极耐干旱和盐碱, 其野生生境主要为干旱贫瘠的沙漠或戈壁滩,

以及一些盐碱化程度较高的草甸和海滨区域^[2]。黄花补血草药用价值大, 具有清热解毒、抗炎、抑菌、止痛、补血活血等功效^[3], 含有黄酮类、酚类、鞣质和生物碱等化学成分, 具有多种药理活性^[4]。同时, 黄花补血草花期长, 花萼宿存不落, 可做干花, 具有观赏价值, 也可用于园林绿化,

收稿日期: 2024-02-07; 修订日期: 2024-09-09

基金项目: 甘肃省林业科技项目(2018kj024); 甘肃省第二批陇原青年英才项目(2023)。

作者简介: 王鑫(1984—), 男, 甘肃武威人, 高级工程师, 硕士, 主要从事经济林栽培研究工作。Email: 18909352809@163.com。

通信作者: 何彩(1985—), 女, 甘肃定西人, 正高级工程师, 硕士, 主要从事荒漠化防治研究工作。Email: hcylfcl@163.com。

特别是对干旱、盐碱化程度高的土地绿化意义重大。国内外对黄花补血草的研究集中在医药、耐盐生理、化学成分、种群特征等方面^[3-17],人工栽培方面鲜有报道^[18-21],有关黄花补血草种子形态结构和生物学特性方面的研究尚未见报道。种子繁殖是黄花补血草主要繁殖方式,因此了解种子生物学特性对于人工栽培黄花补血草具有一定的参考价值,为此我们对黄花补血草花器官和种子形态结构、吸水特性、发芽率、物候期等进行了研究,以期为人工栽培黄花补血草提供参考。

1 材料和方法

1.1 研究区概况

研究采种区位于甘肃省武威市民勤县西渠镇境内,属大陆性干旱气候区,多年平均气温 8.8℃,极端最低气温 -29.5℃,极端最高气温 41.7℃,昼夜温差大,平均年降水量不足 100 mm,光热资源丰富,气候干燥,蒸发量大,平均无霜期 150 d^[22-23]。采集区黄花补血草呈零星分布,土壤类型为沙土,分布有梭梭、沙拐枣、白刺和苦豆子等植物。人工栽培试验位于武威市林业科学研究院基地,年平均气温 7.7℃,属大陆温带干旱半干旱气候区,无霜期 160 d,年平均降水量 100 mm,蒸发量大,栽培地为沙壤土^[24]。

1.2 供试材料

供试黄花补血草种子于 2019 年 9 月采集于甘肃省武威市民勤县西渠镇大坝村沙漠(北纬 38° 58' 34",东经 103° 30' 45",海拔 1 265.5 m),为野生种。

1.3 试验方法

试验于 2020 年 4 月 25 日播种,播种前用清水浸种 8 h,采用穴播方式,株行距 0.4 m × 0.6 m,播深 0.5 cm,每穴 3~4 粒,播种后覆盖河沙,用刮板将河沙刮平,播种后灌水 1 次,出苗后根据墒情及时采用喷淋方式补充水分,6—8 月中旬各灌水 1 次,11 月下旬灌足冬水;翌年灌水 3 次,其中 4 月中旬灌水 1 次,6 月中旬灌水 1 次,11 月中下旬灌足冬水。5 月中旬,真叶长出后间苗,每穴留苗 1 株,及时清除田间杂草。播种后观测物候期,连续观测 2 a。花期采集花穗用显微镜对花器官形态和结构进行观察。种子成熟后,采集种子对其形态和结构进行观测,测定种子大小、

千粒重和种子内部结构。同时测定种子吸水率、千粒重、发芽率和发芽势。

1.4 观测项目及方法

1.4.1 花器官形态与结构花序形态 采用拍照方法观察,取具有代表性的花枝和小花穗带回室内拍照观察。花器官结构采用 OLYMPUS 体视显微镜 SZX7 观察拍照。用镊子剥下小穗,单花、种子,在体视显微镜下观察拍照并描述花器官形态结构。

1.4.2 种子形态与结构特性 种子大小以长度、宽度和厚度表示,采用 OLMPUS CX22LED 体视显微镜拍照,用 Image-pro plus 6.0 软件测量,重复 10 次。用百粒法测定千粒重^[25],重复 5 次,每次重复随机取 100 粒种子用电子天平(0.000 1 g)称重,以平均值计算千粒重。取黄花补血草种子,在蒸馏水中浸泡 4 h,让其吸收水分后,在体视显微镜下剥开种子,观察种子内部结构。

1.4.3 种子萌发特性 黄花补血草种子吸水特性测定采用称重法。取 100 粒干种子,称重后浸入蒸馏水中,每隔 1 h 取出种子,用滤纸吸干种子表面水分,用电子天平称重(0.000 1 g),连续称重 8 h,重复 3 次,计算种子吸水率。种子萌发特性采用发芽试验测定,在培养皿底部放置 2 层定性滤纸,用蒸馏水浸湿后,将 100 粒种子均匀摆放在滤纸上,重复 3 次,在光照培养箱中培养(20℃),每天补充水分,统计发芽率,计算发芽势和发芽率。发芽势以第 5 天的发芽率表示,公式如下。

$$\text{发芽势} = (\text{第 5 天发芽种子数} / \text{总种子数}) \times 100\%$$

$$\text{发芽率} = (\text{最终发芽种子数} / \text{总种子数量}) \times 100\%$$

$$\text{吸水率} = (\text{种子吸水量} / \text{种子干重}) \times 100\%$$

1.4.4 物候期 2020—2021 年连续 2 a 在武威市林业科学研究院基地人工种植区观测 2020 年人工种植的黄花补血草的物候期。物候期测定标准:物候期分为出苗期、营养生长期、生殖生长期和休眠期。出苗期为播种至子叶长出的时间,营养生长期为叶片生长期(花枝长出之前),生殖生长期又分为花枝生长期(花枝长出至开花前)、初花期(5%的花开放)、盛花期(15%~70%的花开放)和干花期(花瓣干枯、种子成熟),休眠期为干花至翌年萌芽前。

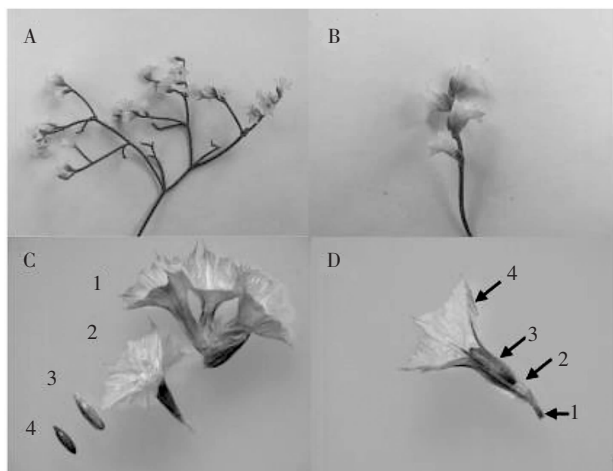
1.5 数据处理

数据处理采用 Excel 2016 和 SPSS 21 统计分析软件, 图片数据测量采用 image-pro plus 6.0 软件, 数据以“平均值 ± 标准差”表示。

2 结果与分析

2.1 花器官形态结构

黄花补血草花器官的形态结构如图 1 所示。花序轴单生或丛出, 分枝数回, 顶端着生穗状花序(图 1A)。穗状花序上着生小穗 3~5 个(图 1B), 小穗由 3 朵小花组成(图 1C), 小花为漏斗状, 金黄色, 干后有时变橙黄色。小花内有种子, 种子外包被外壳(图 1C-3), 一朵小花内有 1 粒种子(自然状态下大部分小花败育, 无种子)。小花由花柄和花冠组成(图 1D), 裂片三角形, 种子位于漏斗状花冠内部。



[A 为花枝, B 为穗状花序, C 为小穗 (1 为小穗、2 为单花、3 为果实、4 为种子), D 为单花(1 为花柄、2 为果柄、3 为果实、4 为花冠)]

图 1 黄花补血草的花器官形态结构

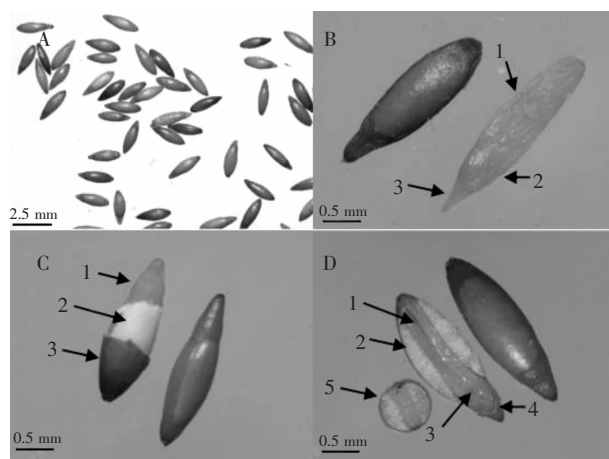
2.2 种子形态结构特征

通过表 1 可知黄花补血草种子很小。平均千粒重 0.687 g, 平均种子长 2.48 mm、宽 0.78 mm、

表 1 黄花补血草的种子大小和千粒重

重复	千粒重 /g	长 /mm	宽 /mm	厚 /mm
1	0.673	2.58	0.79	0.60
2	0.672	2.54	0.61	0.59
3	0.698	2.53	0.91	0.70
4	0.695	2.39	0.74	0.62
5	0.697	2.48	0.79	0.70
6		2.31	0.82	0.65
7		2.62	0.76	0.67
8		2.18	0.77	0.67
9		2.70	0.76	0.71
10		2.58	0.79	0.60
平均	0.687	2.48	0.78	0.66

厚 0.66 mm。形态结构如图 2 所示。种子形状为梭形(图 2A), 中部饱满, 两端尖。剥开种子后可见种子内部形态结构(图 2B、2C、2D), 可见种子由种皮、胚乳和胚组成, 胚乳包裹种胚, 胚直立(图 2C), 种胚形似瓜子仁, 由胚根、胚轴、胚芽和子叶组成, 有 2 片子叶(图 2B、2D)。从种子纵切、横切面来看, 胚乳位于子叶两侧, 胚根和子叶顶端部位无胚乳。



[A 为种子形态, B 为种子和胚 (1 为子叶、2 为胚轴、3 为胚根), C 为种子内部结构(1 为胚、2 为胚乳、3 为种皮), D 为种子纵切、横切 (1 为子叶、2 为胚乳、3 为胚芽、4 为胚根、5 为横切面)]

图 2 黄花补血草种子形态结构

2.3 种子吸水率

由图 3 可知, 黄花补血草种子吸水率呈现出“快-慢-停”的趋势。100 粒干种子重量为 68.7 mg, 吸水 8 h 后重量达到 116.1 mg, 总吸水量为 47.4 mg, 种子吸水率为 69.0%; 2 h 内吸水速度最快, 种子重量达到 102.7 mg, 吸水量为 34.0 mg, 吸水率达到 49.5%, 占总吸水量的 71.7%; 2~6 h 吸水速率减慢; 至 6 h 时 100 粒种子重量为 114.3 mg, 共吸水 11.6 mg, 吸水率为 16.9%, 占总吸水量的 24.5%; 6~8 h 吸水量增加仅为 1.8 mg, 吸水率仅为 2.6%, 占总吸水量的 3.8%。

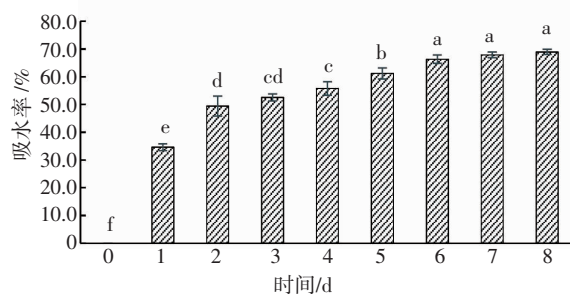


图 3 黄花补血草种子吸水率

2.4 萌发特性

由图4可知,黄花补血草种子吸水后即开始萌动,到第2天个别种子发芽,发芽率仅为3.7%;第2天开始发芽速度加快,第4天,发芽率已达50.7%;第4~7天发芽率迅速增加,第7天已达86.0%;第8~9天发芽率增加减缓,第9天发芽率达到96.0%。发芽势说明种子的发芽速度和发芽整齐度,表示种子生活力的强弱程度,黄花补血草种子发芽势(以第5天的发芽率表示)为57.7%。

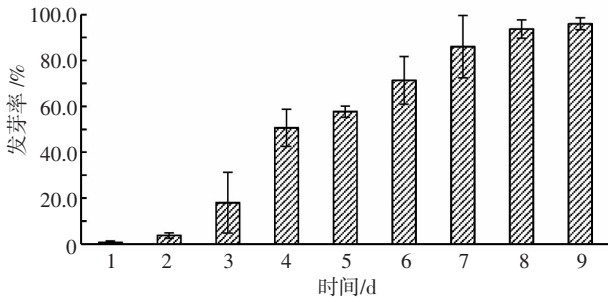
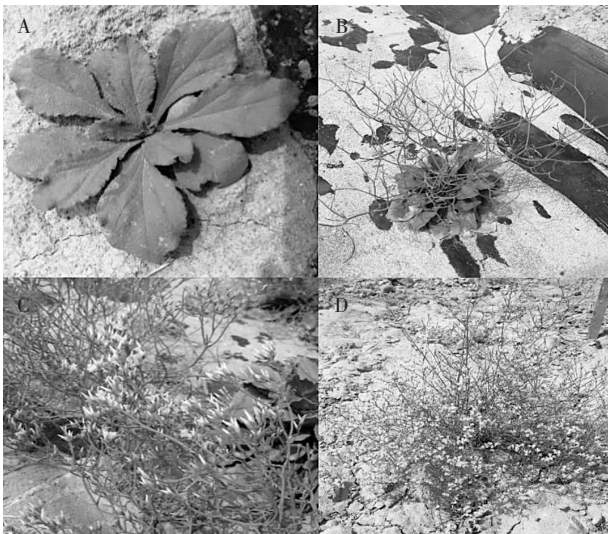


图4 黄花补血草种子发芽率

2.5 幼苗生长发育物候期

黄花补血草为多年生草本植物,繁殖方式以种子繁殖为主,播种后7~10 d即可出苗。据田间观测,将黄花补血草生长发育物候期分为出苗期(子叶出土的时间)、营养生长期(叶片生长期)、生殖生长期(花枝生长期、初花期、盛花期、干花期)和休眠期(干花至翌年萌芽)。5月2日幼苗子叶开始出土,真叶5月10日开始生长,叶片近地面丛生(图5A),营养生长期6月20日停止,转入生殖生长,花枝开始生长(图5B),7月15日开花,



(A 为营养生长期, B 为花枝生长期, C 为初花期, D 为盛花期)

图5 黄花补血草物候期特征

进入初花期(图5C),7月20日进入盛花期(图5D),9月上旬种子成熟,小花不脱落,9月下旬生长周期结束,地上部干枯,养分回流贮藏至根部进入休眠。翌年春季气温回升开始发芽,4月20日萌芽出土开始营养生长,5月15日花枝开始生长,6月5日进入初花期,6月12日进入盛花期,8月上旬种子成熟,花期一直持续至9月中下旬,之后进入休眠期。

3 讨论与结论

有关黄花补血草花器官形态结构的研究在中国植物志中已有相关记载,田福平等^[20]在黄花补血草形态特征方面的研究也与本研究结果一致。有关黄花补血草种子大小和结构组成的研究在文献中未见报道,本研究明确了黄花补血草种子形态特征,为黄花补血草的栽培提供了依据。黄花补血草花序轴单生或丛出,顶端着生穗状花序。穗状花序上着生小穗3~5个,小穗由3朵小花组成。小花由花柄和花冠组成,1朵小花内有1粒种子,种子位于漏斗状花冠内部。确定黄花补血草种子为有胚乳双子叶种子,黄花补血草种子千粒重为0.687 g,由种皮、胚乳和胚三部分组成,胚乳包裹种胚,胚直立,种胚由胚根、胚轴、胚芽和子叶组成,胚乳位于子叶两侧。

本研究表明,黄花补血草种子吸水率为69.0%。2 h内吸水速度最快,2~6 h吸水速率减慢,6~8 h以后吸水量几乎不再增加,这与高天鹏等^[21]研究结果基本一致。影响种子萌发的因素有很多,黄花补血草种子吸水后即开始萌动,至第9天发芽率达96.0%,发芽势为57.7%,这与李毅等^[26]、梁泰等^[27]研究结果一致,表明黄花补血草种子繁殖发芽率高,种子无休眠障碍。种植当年即能开花结实,但营养生长期比第2年长。黄花补血草为多年生草本植物,繁殖方式以种子繁殖为主。据田间观测,将黄花补血草生长发育物候期分为出苗期(子叶出土的时间)、营养生长期(叶片生长期)、生殖生长期(花枝生长期、初花期、盛花期、干花期)和休眠期(干花至翌年萌芽)。在甘肃河西地区种植物当年和翌年物候期表现差异较大。本研究表明,播种当年营养生长期较长,从播种到花枝长出需要55 d左右,而翌年返青至花枝长出仅需要25 d左右,物候期明显比

播种当年提前,这与田福平等^[20]研究结果一致。表明了黄花补血草种子为有胚乳双子叶种子,种子 8 h 吸水饱和,吸水后即萌动,无休眠,当年种植即能开花结实。

参考文献:

- [1] 王 玲, 刘 宇, 华兰英, 等. 黄花补血草的研究进展及利用潜力分析[C]//中国畜牧兽医学会中兽医学分会. 纪念中国畜牧兽医学会中兽医学分会成立 30 周年中国畜牧兽医学会中兽医学分会 2009 年学术年会、华东区第十九次中兽医科研协作与学术研讨会论文集. 南昌: [出版社不详], 2009.
- [2] 王 玲, 刘 宇, 华兰英, 等. 野生黄花补血草的资源特性及其化学成分初探[J]. 北方园艺, 2010(11): 217-218.
- [3] LIU Y, SHANG R F, CHENG F S, et al. Flavonoids and phenolics from the flowers of *Limonium aureum* [J]. Chemistry of Natural Compounds, 2016, 52(1): 130-131.
- [4] GENG D D, CHI X F, DONG Q, et al. Antioxidants screening in *Limonium aureum* by optimized on-line HPLC-DPPH assay[J]. Industrial Crops and Products, 2015, 67: 492-497.
- [5] 刘 宇, 尚若锋, 蒲秀瑛, 等. 黄花补血草醇提取物对小鼠急性毒性试验[J]. 中兽医医药杂志, 2014, 33(4): 58-60.
- [6] 龙 玲, 王军平, 陈世恩, 等. 黄花补血草多糖的抗肿瘤作用研究[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版), 2012, 40(11): 18-22.
- [7] YANG Y L, MA T, LU L R, et al. Effects of salinity stress on ascorbate-glutathione cycle in the leaves of *Limonium aureum*(L) Hill seedlings[J]. Xibei Shifan Daxue Xuebao (Ziran Kexue Ban), 2016, 52(3): 84-89.
- [8] 王琳珊, 马 丽, 吴文龙, 等. 补血草属植物资源的耐盐性研究进展[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版), 2014, 42(9): 176-183.
- [9] 杨颖丽, 马 婷, 吕丽荣, 等. 盐胁迫对黄花补血草幼苗叶片抗坏血酸—谷胱甘肽循环的影响[J]. 西北师范大学学报(自然科学版), 2016, 52(3): 84-89.
- [10] 马 婷, 滕玉瑾, 李翠祥, 等. 盐胁迫下黄花补血草幼苗 ROS 代谢酶活性的变化[J]. 植物生理学报, 2016, 52(2): 177-186.
- [11] 马 婷. 盐生植物黄花补血草耐盐生理生化特性的研究[D]. 兰州: 西北师范大学, 2016.
- [12] 张赛娜, 马旭君, 李科文, 等. 补血草愈伤组织中渗透调节物对 NaCl 胁迫的响应[J]. 西北植物学报, 2008(7): 1343-1348.
- [13] 池晓会, 谭成玉, 孟繁桐, 等. 补血草属植物化学成分及生物活性的研究进展[J]. 精细与专用化学品, 2014, 22(3): 35-39.
- [14] 周幸文, 刘珍伶, 寇 亮, 等. 黄花补血草的化学成分研究[J]. 兰州大学学报(自然科学版), 2013, 49(4): 569-572.
- [15] 刘 宇, 张应鹏, 梁剑平, 等. 分光光度法测定黄花补血草中总黄酮的含量[J]. 安徽农业科学, 2010, 38(20): 10639-10640.
- [16] 刘 宇, 梁剑平, 华兰英, 等. 超临界 CO₂ 萃取黄花补血草花部挥发油化学成分[J]. 食品研究与开发, 2010, 31(10): 68-71.
- [17] 张芝萍, 李昌龙, 李得禄, 等. 不同立地条件下黄花补血草种群生长、繁殖与土壤水分的差异[J]. 水土保持通报, 2015, 35(4): 268-270.
- [18] 姜生秀, 李昌龙, 李得禄, 等. 不同灌溉量对黄花补血草生物量的影响[J]. 北方园艺, 2018(3): 150-153.
- [19] 李得禄, 李昌龙, 郭树江, 等. 黄花补血草种子育苗试验[J]. 林业科技通讯, 2015(7): 56-59.
- [20] 田福平, 陈子萱, 路 远, 等. 黄花补血草的开发利用价值与栽培技术[J]. 中国野生植物资源, 2010, 29(4): 64-67.
- [21] 高天鹏, 王春燕, 张 勇, 等. 播种深度和土壤水分对黄花补血草种子萌发的影响(英文)[J]. 中国沙漠, 2009, 29(3): 529-535.
- [22] 宋达成, 马全林, 刘世权, 等. 民勤黏土沙障-人工梭梭林物种多样性及土壤水分变化特征[J]. 干旱区研究, 2024, 41(4): 618-628.
- [23] 王会青, 段振佼, 王 军, 等. 民勤蜜瓜连体拱棚一年两熟栽培技术[J]. 寒旱农业科学, 2023, 2(8): 778-781.
- [24] 王 鑫, 于柱英, 赵连鑫, 等. 沙地桃品种果实物候期和果实品质比较研究[J]. 寒旱农业科学, 2023, 2(1): 44-49.
- [25] 屠李婵, 蔡鑫博, 高 杰, 等. 药用植物雷公藤种子形态结构与萌发研究[J]. 中国中药杂志, 2022, 47(11): 2909-2914.
- [26] 李 毅, 屈建军, 安黎哲. 超干处理与保存温度对黄花补血草种子的影响[J]. 中国沙漠, 2009, 29(2): 293-297.
- [27] 梁 泰, 李得禄, 魏林源. 4 种补血草属植物种子萌发期抗旱性研究[J]. 中国农学通报, 2011, 27(22): 130-135.