

陈意兰, 赵文忠, 张超, 等. 3 种木樨科植物耐旱性综合评价[J]. 江苏农业科学, 2021, 49(2): 92–96.

doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2021.02.017

3 种木樨科植物耐旱性综合评价

陈意兰^{1,2}, 赵文忠³, 张超³, 王向平³, 廖海民², 刘东明¹

(1. 中国科学院华南植物园, 广东广州 510650; 2. 贵州大学生命科学学院/贵州大学农业生物工程研究院/山地植物资源保护与保护种质创新教育部重点实验室/山地生态与农业生物工程协同创新中心, 贵州贵阳 550025; 3. 河北曲港高速公路开发有限公司, 河北定州 073000)

摘要:为探讨植物适应干旱的生理机制, 筛选耐旱植物种类应用于景观绿化, 以长势良好、生长情况相近的迎春花、连翘、女贞等 3 种植物为供试材料, 进行自然干旱胁迫试验, 研究不同程度干旱胁迫对植株叶片丙二醛(MDA)含量和 3 种抗氧化酶活性的影响。结果表明, 不同程度干旱胁迫下, 迎春花的丙二醛含量均高于连翘、女贞, 所受膜脂过氧化损伤程度最严重; 干旱胁迫初期, 各植株抗氧化酶活性有所提高, 女贞的超氧化物歧化酶(SOD)、过氧化物酶(POD)、过氧化氢酶(CAT)活性均呈上升趋势, 迎春花、连翘的 SOD、CAT 活性也呈上升趋势, 但 POD 活性呈下降趋势, 随着干旱胁迫的积累, 膜系统受损加重, 导致 3 种植物的 SOD、POD、CAT 活性均下降; 隶属函数耐旱性综合评价, 结果显示耐旱性排序为女贞 > 连翘 > 迎春花。

关键词:木樨科; 干旱胁迫; 隶属函数; 耐旱性; 抗氧化酶活性

中图分类号: Q945.78; S184 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2021)02-0092-05

随着全球气候变化, 水资源愈发匮乏, 导致我国多地区严重缺水或季节性干旱^[1]。干旱影响植株生理活性, 丙二醛(MDA)含量、超氧化物歧化酶(SOD)活性、过氧化物酶(POD)活性和过氧化氢酶(CAT)活性是几种反映植物耐旱性强弱的生理指标^[2-3]。持续干旱胁迫下, 植物体内的活性氧含量增加, 活性氧含量不断积累会引起膜脂过氧化作用产生 MDA, 其含量越高, 膜脂过氧化损伤的程度越严重, 植物耐旱性就越弱^[4]。SOD、POD、CAT 是植物体内重要的抗氧化酶, SOD 清除超氧阴离子自由基、POD 清除羟自由基、CAT 将过氧化氢转化为水, 从而减缓细胞膜脂过氧化的损伤^[5]。干旱胁迫下, 植物种类不同, 对某一指标的反应也不相同, 很难用单一指标准确地反映各种植物耐旱性强弱, 须要

用几种抗氧化酶间协调的综合结果来判断植物的耐旱能力^[6]。因此, 利用隶属函数求出 MDA 含量、SOD 活性、POD 活性、CAT 活性等指标的隶属函数值, 才能对各植物耐旱性进行科学的评价^[7]。

木樨科(Oleaceae), 共 27 属, 约 600 种, 大多分布在温带和热带地区, 我国共有 12 属 200 种左右, 为常绿落叶乔木或灌木, 也有藤本。迎春花(*Jasminum nudiflorum*)、连翘(*Forsythia suspensa*)、女贞(*Ligustrum lucidum*)分别为木樨科的素馨属(*Jasminum*)、连翘属(*Forsythia*)、女贞属(*Ligustrum*)植物, 可药用也可观赏^[8]。迎春花较易成活、生长较快、水土保持能力较强, 通常作为药用植物和景观植物种植在全国各地^[9]。连翘是具有抗菌、抗炎、抗肿瘤等药用价值的植物, 也具有较强吸收水分的能力和防止水土流失的能力^[10]。女贞因适应性强、生长快又耐修剪, 常种植在工厂、公路旁作绿篱抗污染, 同时也是园林中常用的观赏树种^[11-12]。近年来, 关于迎春花的研究主要集中在化学成分、生物学活性上^[13], 有关其适应干旱的生理机制的相关研究鲜有报道; 关于连翘适应干旱的生理机制研究已有报道, 但涉及叶片抗氧化酶种类较少^[14]; 关于女贞通过渗透调节物质和保护酶活性的调节保持较强的耐旱保水能力虽有报道^[15], 但没有结合干旱胁迫期间植株形态的变化进行评价。本

收稿日期: 2020-09-01

基金项目: 中国科学院 A 类战略性先导科技专项(编号: XDA13020500); NSFC-广东联合基金(编号: U1701246); 科技基础资源调查专项(编号: 2018FY100107); 河北省交通运输厅科技攻关项目(编号: QG2018-10)。

作者简介: 陈意兰(1992—), 女, 贵州贵阳人, 硕士研究生, 主要从事植物资源评价与利用、特殊生境生态修复等相关研究。E-mail: chenyanlan@scbg.ac.cn。

通信作者: 刘东明, 硕士, 副研究员, 主要从事植物资源评价与利用、特殊生境生态修复等相关研究。E-mail: Liudm@scbg.ac.cn。

试验选取了生长情况相近的迎春花、连翘、女贞等 3 种植物各 30 盆为供试材料,通过套袋处理设置自然干旱胁迫,观察 3 种植株的形态,利用单因素方差分析各种植株在不同程度干旱胁迫下的 MDA 含量以及 SOD、POD、CAT 的活性,探讨干旱胁迫对 3 种木樨科植物叶片抗氧化酶的影响,并用隶属函数对 3 种植物的耐旱性进行综合评价。以期为木樨科植物的引种栽培、景观配置、人工群落构建等绿化实践提供一定参考。

1 材料与方法

1.1 试验材料

试验苗木选用三年生的迎春花、连翘、女贞,试验地点为广东省广州市中国科学院华南植物园试验大棚。2019 年 3 月开始对苗木进行日常浇水施肥管理,待养护良好后移植于 25 cm × 30 cm 的塑料花盆中培养,基质质量比为椰糠:泥炭:珍珠岩:河沙:种植土=1:1:1:2:6。

1.2 试验设计

2019 年 7 月 4 日,选取生长情况相近的 3 种植物各 30 盆(1 株/盆)作为干旱胁迫的供试材料开始试验,每种植物分别设置为对照组和试验组,每个处理设 3 次重复,每次重复 5 盆。对照组每天正常浇水,试验组浇透水后不再浇水,并用透明塑料袋对花盆进行套袋处理。以试验当天(即 0 d)第 1 次取样测定作为试验期间各指标对照组(CK)。试验期间(即 3、7、14、21 d),于 08:00—10:00 观察记录植株形态变化并用相机拍照,使用 Delta-T 便携式土壤水分仪测量每盆植株的土壤含水量并记录,同时采摘成熟叶片(即第 3~8 片功能叶)带回实验室测定各参试生理指标,每个样品测量 3 次取平均值。

1.3 测定项目及方法

采用硫代巴比妥酸法^[16]测定 MDA 的含量,采用氮蓝四唑(NBT)光化还原法^[17]测定 SOD 活性,采用愈创木酚显色法^[18]测定 POD 活性,采用紫外吸收法^[19]测定 CAT 活性。

1.4 隶属函数值计算

与植物耐旱性呈正相关的 SOD、POD、CAT 的活性采用如下公式计算:

$$x = (X - X_{\min}) / (X_{\max} - X_{\min})。$$

与植物耐旱性呈负相关的 MDA 含量采用如下公式计算:

$$x = 1 - (X - X_{\min}) / (X_{\max} - X_{\min})。$$

式中: x 表示隶属函数值; X 表示某一指标测定值; X_{\min} 、 X_{\max} 分别表示所有植物中某一指标测定值的最小值、最大值。

求出各种植物不同指标的隶属函数值的平均值,根据平均值大小来确定耐旱性强弱,即平均值越大耐旱性越强^[20]。

1.5 数据处理

根据测定结果利用 Excel 计算 MDA 含量以及 SOD、POD、CAT 活性并作图,利用 SPSS 进行单因素分析,采用 Duncan's 法进行多重比较($P < 0.05$)。

2 结果与分析

2.1 土壤含水量在干旱胁迫下的变化

如图 1 所示,干旱胁迫 0 d,迎春花、连翘、女贞的土壤体积含水量为 32.52% ~ 34.98%;干旱胁迫 3 d,3 种植物的土壤体积含水量为 20.24% ~ 21.20%;干旱胁迫 7 d,3 种植物的土壤体积含水量为 15.60% ~ 17.24%;干旱胁迫 14 d,3 种植物的土壤体积含水量为 7.98% ~ 10.96%,干旱胁迫 21 d,3 种植物的土壤体积含水量为 6.94% ~ 8.32%。通过对 3 种植物的花盆用透明塑料袋进行套袋处理,可以有效控制土壤水分梯度进行干旱胁迫试验。

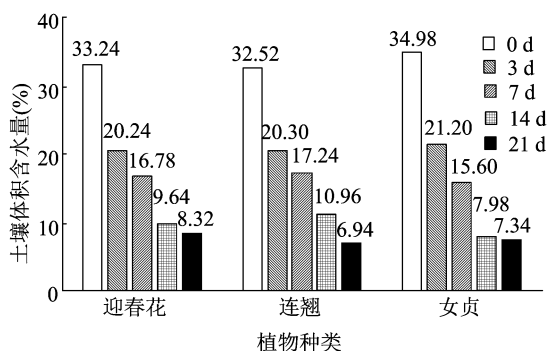
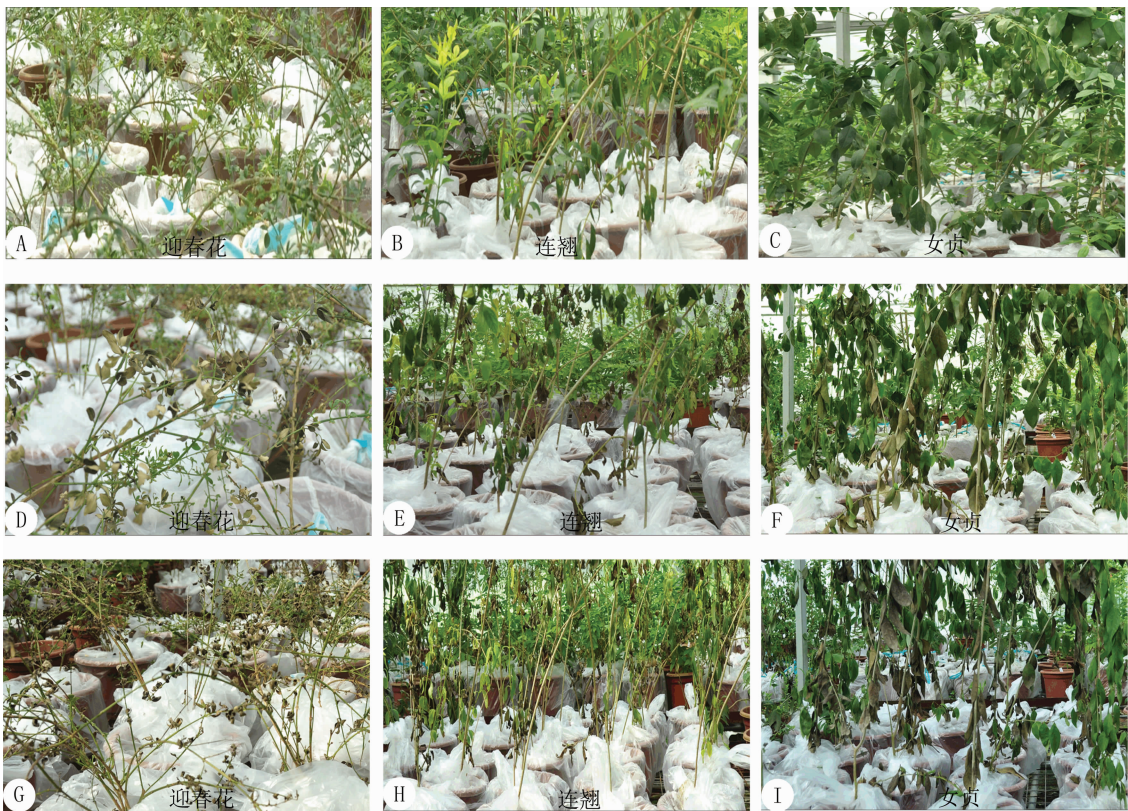


图1 土壤体积含水量随干旱胁迫时间的变化

2.2 干旱胁迫下 3 种植物形态的变化

如图 2 所示,干旱胁迫 7 d,迎春花枝条下垂,连翘叶片部分变黄,女贞叶片萎蔫。干旱胁迫 14 d,迎春花部分叶片干枯,连翘叶片变黑,有脱落现象,女贞叶片仍然萎蔫。干旱胁迫 21 d,96% 的迎春花植株叶片干枯,80% 的连翘植株叶片干枯,72% 的女贞植株叶片干枯。特别说明的是,干旱胁迫 28 d,迎春花叶片全部干枯脱落,连翘和女贞还留有部分叶片。回水处理后,3 种植物各有 1 株死亡,24 株正常生长。从植株形态表现来看,女贞耐旱性最强,连翘居中,迎春花最弱。



A、B、C 分别为迎春花、连翘、女贞干旱胁迫 7 d；D、E、F 分别为迎春花、连翘、女贞干旱胁迫 14 d；G、H、I 分别为迎春花、连翘、女贞干旱胁迫 21 d

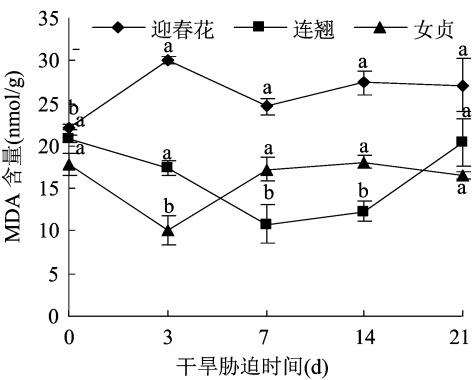
图2 植株形态随干旱时间的变化

2.3 丙二醛(MDA)含量在干旱胁迫下的变化

如图 3 所示,干旱胁迫初期,迎春花的 MDA 含量上升是对干旱胁迫的响应,连翘、女贞的 MDA 含量下降是应对干旱胁迫迅速做出的保护反应。随着干旱胁迫试验进行,膜脂过氧化作用逐渐加重,在试验 7 d 迎春花的 MDA 含量先下降到 24.59 nmol/g,但相比 0 d 仍然有所增加,差异显著;随后 MDA 含量迅速上升,干旱胁迫 21 d,MDA 含量为 27.14 nmol/g,相比 0 d 上升 22.42%,差异显著。干旱胁迫初期,连翘和女贞启动防御机制迅速做出保护反应,MDA 含量先降低,随后开始增加,干旱胁迫 21 d,连翘、女贞的 MDA 含量分别为 20.34、16.47 nmol/g,相比 0 d 分别下降 2.54%、7.71%,且差异不显著。整个干旱胁迫中,迎春花的 MDA 含量均高于连翘和女贞。

2.4 超氧化物歧化酶(SOD)活性在干旱胁迫下的变化

干旱胁迫下,抗氧化酶防御系统启动,SOD 合成,导致细胞膜脂过氧化程度加剧的超氧阴离子被清除。图 4 显示,迎春花、连翘、女贞的 SOD 活性最大值均出现在干旱胁迫 3 d 时,相比 0 d 分别上升



不同小写字母表示同一种植物在干旱胁迫不同天数时各指标差异显著($P<0.05$)。下图同

图3 植株叶片中丙二醛(MDA)含量随干旱时间的变化

181.29%、96.30%、113.62%。随着干旱胁迫试验的进行,3 种植物的 SOD 活性呈迅速下降趋势,干旱胁迫 7 d 和 21 d,3 种植物的 SOD 活性相差不大,干旱胁迫 14 d,迎春花的 SOD 活性比连翘、女贞稍高一些。整个干旱胁迫过程中,迎春花的 SOD 活性波动比较大,呈上升一下降一上升一下降的趋势,连翘和女贞的 SOD 活性呈上升一下降趋势。

2.5 过氧化物酶(POD)活性在干旱胁迫下的变化

由图 5 可以看出,在干旱胁迫下,不同植物合

成 POD 的速率不同。干旱胁迫 7 d 时,女贞的 POD 合成速率大于降解速率,POD 活性逐渐上升,随着干旱胁迫试验的进行,羟自由基的积累导致 POD 的合成速率减小,POD 活性小幅下降;干旱胁迫 21 d 时,与 0 d 的 POD 活性的差异不显著。而迎春花和连翘在整个干旱胁迫过程中 POD 合成速率均不高,干旱胁迫 14 d 时,迎春花的 POD 合成速率小于降解速率,POD 活性逐渐下降,随后 POD 合成速率大于降解速率,POD 活性上升;连翘的 POD 合成速率一直小于降解速率,POD 活性呈逐渐下降趋势。

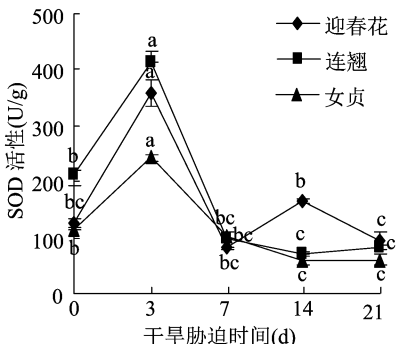


图4 植株叶片中超氧化物歧化酶(SOD)活性随干旱时间的变化

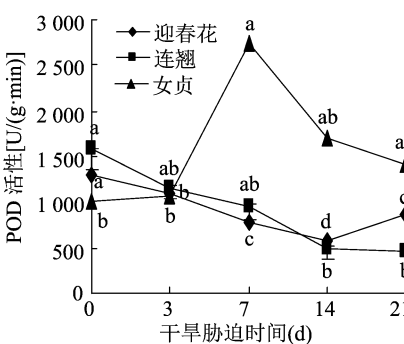


图5 植株叶片中过氧化物酶(POD)活性随干旱时间的变化

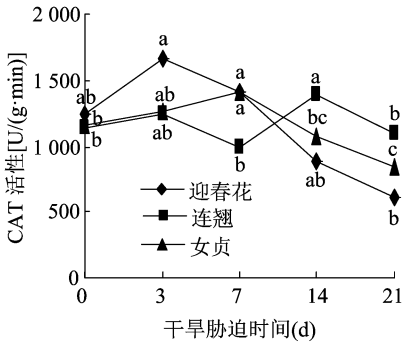


图6 各组植株叶片中过氧化氢酶(CAT)活性随干旱时间的变化

2.7 隶属函数值及耐旱性比较

表 1 显示,女贞、连翘、迎春花的隶属函数平均值分别为 0.65、0.58、0.39,耐旱性排序为女贞 > 连翘 > 迎春花。

表 1 隶属函数值及耐旱性比较

植物种类	隶属函数值				平均值	排序 (由强到弱)
	MDA 含量	SOD 活性	POD 活性	CAT 活性		
女贞	0.97	0.16	0.98	0.50	0.65	1
连翘	0.74	0.62	0.01	0.93	0.58	2
迎春花	0.35	0.74	0.42	0.06	0.39	3

3 讨论与结论

干旱胁迫妨碍植物体机体组织系统水分代谢,引起细胞水分流失,植物的形态和生理生化都会受到影响^[21-22]。干旱胁迫试验进行 21 d,96%的迎春花植株叶片干枯,80%的连翘植株叶片干枯,72%的女贞植株叶片干枯。表明从形态上看,女贞耐旱性最强,连翘居中,迎春花最弱。

植物在不利于生长的环境下,机体组织内活性氧含量的积累会发生膜脂过氧化作用,其产物之一 MDA 可以反映细胞膜脂过氧化损伤的程度^[23-24]。

2.6 过氧化氢酶(CAT)活性在干旱胁迫下的变化

CAT 活性上升是对干旱胁迫作出的保护反应以清除 H₂O₂,而 CAT 的合成速率小于降解速率会导致 CAT 活性下降。图 6 显示,干旱胁迫初期,3 种植物均启动抗氧化酶防御系统合成 CAT,随着干旱胁迫的积累,3 种植物的 CAT 合成速率不尽相同,整个干旱胁迫过程中,连翘的 CAT 活性呈上升—下降—上升—下降的趋势,波动较大,而迎春花、连女贞 CAT 活性呈上升—下降的趋势。干旱胁迫 21 d,迎春花、连翘、女贞的 CAT 活性相比 0 d 分别下降 51.25%、2.96%、26.72%。

本试验中,干旱胁迫前期,迎春花的 MDA 含量呈上升趋势,连翘、女贞的呈下降趋势;干旱胁迫后期,迎春花的 MDA 含量最高,其次为连翘,女贞的最低,表明迎春花膜脂过氧化损伤最严重,活性氧含量积累最高(图 3)。为减少 MDA 含量,SOD、POD 和 CAT 协同作用,在 SOD 的作用下,超氧阴离子发生歧化反应生成 H₂O₂,在 POD 的催化作用下 H₂O₂ 和羟自由基发生氧化还原反应生成 H₂O,CAT 直接催化 H₂O₂ 分解生成 H₂O,从而减轻植物在干旱胁迫过程中受到的伤害^[25]。有研究表明,轻度胁迫时,MDA 含量呈下降趋势,抗氧化酶呈上升趋势;中度胁迫和重度胁迫时,MDA 含量逐渐上升,抗氧化酶活性逐渐下降^[26]。本试验中,干旱胁迫初期,迎春花的自由基积累,导致膜脂过氧化程度加剧,因而 MDA 含量增加;连翘的 SOD、CAT 合成能力强,二者协同作用迅速将超氧阴离子转化为对细胞没有伤害的 H₂O,使膜脂过氧化程度减轻,MDA 含量呈下降趋势;女贞的保护酶系统反应敏捷,干旱胁迫下积累的活性氧迅速被清除,膜脂过氧化程度减轻,MDA 含量下降。随着试验的进行,MDA 含量不断积累,抑制抗氧化酶合成,SOD、POD 和 CAT 的活性逐渐下降,膜系统损伤程度进一步加重,机体组

织防御系统能力减弱,细胞膜的结构和功能都受到损伤,与此同时,植物耐旱性减弱。通常情况下,抗氧化酶通过协同作用抵抗干旱胁迫将引起细胞膜脂过氧化损伤,POD、CAT 与 SOD 的活性变化趋势一致^[27]。本试验中,3 种植物的 CAT、SOD 的活性呈上升—下降趋势(图 4、图 6),变化趋势一致,与桑苗、藜麦在干旱胁迫下抗氧化酶活性的研究结果^[28-29]类似。女贞的 SOD、POD 活性变化趋势一致,呈上升—下降趋势(图 4、图 5),这与曹艳春等 2014 年利用盆栽控水法对女贞进行干旱胁迫的研究结果^[15]一致。迎春花、连翘的 POD 活性呈逐渐下降趋势,表明干旱胁迫阻碍了这 2 种植物的 POD 合成,POD 活性不足以清除干旱胁迫积累的活性氧。

综上所述,迎春花的 MDA 含量在不同程度的干旱胁迫下均高于连翘和女贞的 MDA 含量,膜脂过氧化最严重,迎春花的 MDA 含量呈上升—下降—上升趋势,连翘和女贞的 MDA 含量呈下降—上升趋势。抗氧化酶活性在一定程度的干旱胁迫下会有所提高,清除造成膜脂过氧化程度加重的活性氧,从而将 MDA 含量维持一定水平,随着干旱胁迫的积累,膜脂过氧化程度加剧,导致抗氧化酶合成速率小于降解速率,活性下降。迎春花和连翘的 SOD、CAT 活性呈上升—下降趋势,POD 活性变化呈逐渐下降的趋势,女贞的 SOD、POD、CAT 活性变化呈上升—下降趋势。隶属函数分析法对 3 种植物的耐旱性进行综合评价,得出迎春花、连翘、女贞的隶属函数值分别为 0.39、0.58、0.65,耐旱性排序为女贞 > 连翘 > 迎春花,与植株形态耐旱性表现一致。本试验结果可为木樨科植物的引种栽培、景观配置、人工群落构建等绿化实践提供一定参考。

参考文献:

- [1] 王 娟. 乌海沙漠城市 14 种植物引种驯化的适应性研究[D]. 天津:天津大学,2017.
- [2] 阮志平,唐源江,曾美涓. 干旱胁迫对 4 种棕榈植物幼苗光合特性及抗氧化酶活性的影响[J]. 热带作物学报,2016,37(10): 1914-1919.
- [3] 韩忠明,胥苗苗,王云贺,等. 干旱胁迫对防风叶片保护酶活性、渗透调节物质含量及药材品质的影响[J]. 华南农业大学学报,2016,37(6):91-97.
- [4] 陈 珺. 四种观赏植物的活性氧代谢对干旱胁迫的响应[D]. 杭州:浙江农林大学,2013.
- [5] 陈吉虎,余新晓,孙明高,等. 北方旱区不同树种抗氧化酶活性变化及与抗旱性的关系[J]. 干旱地区农业研究,2006,24(5):120-125.
- [6] 许桂芳,张朝阳,向佐湘. 利用隶属函数法对 4 种珍珠菜属植物的抗旱性综合评价[J]. 西北林学院学报,2009,24(3):24-26.
- [7] 王 琼,宋桂龙,韩烈保,等. 5 种野生护坡植物的抗旱综合性评价[J]. 福建农林大学学报(自然科学版),2008,32(2):153-157.
- [8] 张美珍,邱莲卿. 中国植物志(第 61 卷)[M]. 北京:科学出版社,1992.
- [9] 王建峰. 水土保持植物——迎春花[J]. 中国水土保持,1984(11):28.
- [10] 卫 倩,李 萍,吴 桐,等. 连翘中苯乙醇苷类成分的研究进展[J]. 中国临床药理学杂志,2018,34(20):2481-2485.
- [11] 黄 飞,王亚男. 合肥市木樨科植物的绿化树种选择情况调查[J]. 安徽农业科学,2014,42(24):8241-8242,8246.
- [12] 刘晓宁,王 飞. 宝鸡市园林树木抗污染能力研究[J]. 西北林学院学报,2007,22(3):78-83.
- [13] 王佩珩,周宜君,张洪志,等. 迎春花的有效化学成分及其生物学活性研究概况[J]. 黑龙江农业科学,2015(6):152-155.
- [14] 安玉艳,梁宗锁,韩蕊莲. 黄土高原 3 种乡土灌木的水分利用与抗旱适应性[J]. 林业科学,2011,47(10):8-15.
- [15] 曹艳春,刘荣宁,赵振利. 干旱胁迫对女贞生理指标的影响[J]. 河南农业科学,2014,43(8):102-105.
- [16] 王学奎,黄见良. 植物生理生化实验原理和技术[M]. 3 版. 北京:高等教育出版社,2015.
- [17] 陈建勋,王晓峰. 植物生理学实验指导[M]. 广州:华南理工大学出版社,2002.
- [18] 路文静,李奕松. 植物生理学实验教程[M]. 北京:中国林业出版社,2012.
- [19] 李合生. 植物生理生化实验原理和技术[M]. 北京:高等教育出版社,2000.
- [20] 字学娟,杨石有,李 茂. 应用隶属函数法综合评价链荚豆种质抗旱性[J]. 福建农业学报,2016,31(8):844-848.
- [21] 井大炜. 杨树苗木叶片光合特性和抗氧化酶对干旱胁迫的响应[J]. 核农学报,2014,28(3):532-539.
- [22] 温 琦,赵文博,张幽静,等. 植物干旱胁迫响应的研究进展[J]. 江苏农业科学,2020,48(12):11-15.
- [23] Dimitrio T. Assessment of lipid peroxidation by measuring malondialdehyde (MDA) and relatives in biological samples: analytical and biological challenges[J]. Analytical Biochemistry, 2016,524:13-30.
- [24] 徐兴友,王子华,张凤娟,等. 干旱胁迫对 6 种野生耐旱花卉幼苗根系保护酶活性及脂质过氧化作用的影响[J]. 林业科学,2008,44(2):41-47.
- [25] 邓胜兴,曾 明,熊 伟,等. 干旱胁迫对柑橘叶片保护酶系统的影响[J]. 西南大学学报(自然科学版),2009,31(2):61-64.
- [26] 毛永成,刘 璐,王小德. 干旱胁迫对 3 种槭树科植物生理特性的影响[J]. 浙江农林大学学报,2016,33(1):60-64.
- [27] 宿 婧,史晓晶,梁 彬,等. 干旱胁迫对藜麦种子萌发及生理特性的影响[J]. 云南农业大学学报(自然科学),2019,34(6):928-932.
- [28] 孙 麋,邓荟芬,李剑波,等. 干旱胁迫对桑苗理化指标的影响[J]. 黑龙江畜牧兽医,2016(12):179-181.
- [29] 赵丽英,邓西平,山 仑. 活性氧清除系统对于干旱胁迫的响应机制[J]. 西北植物学报,2005,25(2):413-418.