

水分胁迫对文冠果幼苗生长性状的影响

肖明敏^{1,2}, 刘建海^{1,2*}, 杨道虎^{1,2}, 贾鑫^{1,2}, 周玉丽^{1,2}, 李威^{1,2}, 薛春^{1,2}, 呼海林³

(1. 甘肃省祁连山水源涵养林

研究院, 甘肃张掖 734000; 2. 甘肃张掖生态科学研究院, 甘肃张掖 734000; 3. 祁连山自然保护区西水自然保护站, 甘肃张掖 734000)

摘要 以1年生文冠果(*Xanthoceras sorbifolia* Bunge)幼苗为试材,通过盆栽控水试验,设置3个水分处理:对照、干旱胁迫和水涝胁迫,研究了生长季连续干旱和水涝对文冠果幼苗生长性状的影响。结果表明,控水处理42 d后,干旱胁迫下文冠果幼苗苗高、冠幅和地径分别比对照下降了31.6%、15.9%和20.1%;水涝胁迫下分别比对照下降了28.8%、20.4%和12.1%。干旱胁迫下地上生物量、地下生物量和总生物量分别比对照减小了29.9%、27.7%和37.8%;水涝处理下地上生物量、地下生物量和总生物量分别比对照减小了37.8%、34.9%和44.4%。干旱、水涝胁迫下根冠比显著提高($P < 0.05$),分别比对照提高了11.1%和33.9%,在水分逆境中增加生物量在根部的分配是文冠果应对水分逆境的一种重要策略。

关键词 文冠果; 干旱胁迫; 水涝胁迫; 生长性状

中图分类号 Q 945.78 **文献标识码** A

文章编号 0517-6611(2020)18-0117-03

doi: 10.3969/j.issn.0517-6611.2020.18.032



开放科学(资源服务)标识码(OSID):

Effects of Water Stress on Growth Properties of *Xanthoceras sorbifolia* Seedlings

XIAO Ming-min^{1,2}, LIU Jian-hai^{1,2}, YANG Xiao-hu^{1,2} et al (1. Academy of Water Resource Conservation Forests of Qilian Mountains in Gansu Province, Zhangye, Gansu 734000; 2. Academy of Ecology Science in Zhangye of Gansu Province, Zhangye, Gansu 734000)

Abstract One-year-old *Xanthoceras sorbifolia* Bunge seedlings were used as test materials. Through potted water control experiments, three water treatments were set up: control, drought stress and waterlogging stress. The effects of continuous drought and waterlogging in the growing season on Bunge were studied. The results showed that: after 42 days of water control treatment, the plant height, crown width and ground diameter of *X. sorbifolia* Bunge seedlings under drought stress decreased by 31.6%, 15.9%, and 20.1% respectively compared with the control; under waterlogging stress decreased by 28.8%, 20.4% and 12.1% respectively compared with the control. Aboveground biomass, underground biomass, and total biomass under drought stress were reduced by 29.9%, 27.7%, and 37.8%, respectively, compared with the control; under waterlogging treatment, the aboveground biomass, underground biomass, and total biomass were reduced 37.8%, 34.9% and 44.4% respectively compared with the control. The root-to-shoot ratio increased significantly under drought and waterlogging stress ($P < 0.05$), which were 11.1% and 33.9% higher than the control, respectively. It is an important strategy for *X. sorbifolia* Bunge to increase biomass allocation in roots under water stress.

Key words *Xanthoceras sorbifolia*; Drought stress; Waterlogging stress; Growth properties

水分在植物生长过程中发挥着重要的作用,影响着植物的形态、生长代谢以及地理分布范围^[1]。土壤环境中的水分不足或水分过多^[2],对植物的生理代谢及生长有着很大的影响。大量研究表明,干旱胁迫可以造成植物叶片水分亏缺,水势下降^[3],根茎叶生长受到抑制,生物量积累降低^[4],脱落酸含量增多,诱发植株衰老^[5];土壤淹水通常会导致光合速率快速降低,气孔关闭,蒸腾作用降低,叶片缺水萎蔫,叶片变黄脱落,根尖软化腐烂^[6]。

文冠果(*Xanthoceras sorbifolia* Bunge)是我国特有的木本油料树种,主要分布于我国干旱、半干旱的农牧交错带和黄土高原^[7],具有抗逆性和适应性强、种子油含量高等诸多优点,是我国山区绿化、退耕还林、防风固沙的首选油料、生态经济树种,并被列为制造生物柴油的八大树种之一^[8]。近年来,文冠果作为一种具有发展潜力且生态经济价值较高的生物能源物种,引起了国内外专家学者的广泛关注,现已对文冠果从种子品质、繁殖栽培技术、落花落果、遗传变异、药用化学成分、盐胁迫抗性生理等方面进行了研究^[9-14],而对其水分胁迫适应性的研究较少,尤其是对水涝胁迫下其适应性

的研究鲜见报道。笔者拟研究干旱和水涝胁迫处理下文冠果幼苗生长及生物量的分配,旨在探索文冠果生长及生物量分配格局对干旱和水涝环境的适应,为文冠果水分逆境机制的研究及干旱、半干旱地区大面积推广应用提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验地概况 试验地设在甘肃省祁连山水源涵养林研究院红沙窝荒漠化综合防治试验站文冠果林木良种基地,地理位置 97°25'~102°13'E、37°28'~39°59'N,海拔 1 450~1 480 m,属中温带干旱荒漠大陆性气候,年平均气温 7 °C,年平均降水量 129.0 mm,年蒸发量 2 074.9 mm,年平均相对湿度 52%,全年日照时数为 3 085 h,太阳辐射年总量 619.63 kJ,无霜期 156 d。试验地以砂壤土和灰棕荒漠土为主,有机质含量 1.5%, pH 8.60,主要植被有细叶芨芨草 [*Achnatherum chingii* (Hitc.) Keng ex P. C. Kuo]、小果白刺 [*Nitraria sibirica* Pall.]、沙蒿 [*Artemisia desertorum* Spreng. Syst. Veg.] 等^[15]。

1.2 试验材料 以1年生文冠果幼苗为试材,苗高 10~20 cm,地径 0.2~0.4 mm,由甘肃省祁连山水源涵养林研究院红沙窝荒漠化综合防治试验站提供。于2016年5月初,将文冠果幼苗自苗圃地带土移植到白色聚乙烯塑料花盆中,花盆规格为 37 cm×30 cm,栽培基质为砂壤土。所有的盆栽幼苗正常水肥管护 30 d后,选取长势基本一致且无病虫害的文冠果幼苗 27 盆,开始进行试验处理。

1.3 试验设计 试验共设置 3 个处理:①干旱处理,自然干

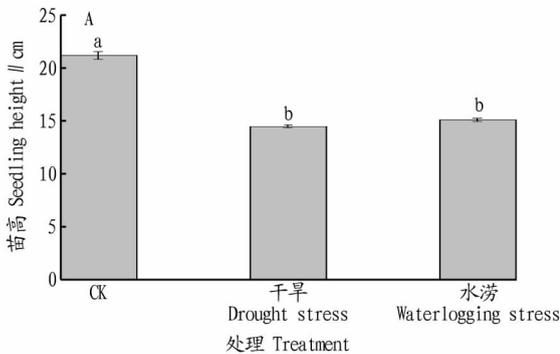
基金项目 民生科技计划项目(17CX1FG057);甘肃祁连山森林生态监测与评估国际科技合作基地建设项目。

作者简介 肖明敏(1984—),女,甘肃金塔人,助理工程师,从事植物生理生态方面研究。*通信作者,高级工程师,从事森林生态及荒漠化防治研究。

收稿日期 2020-03-21;修回日期 2020-04-10

旱,防雨不浇水;②水涝处理,每天定时称重,及时补水,以確保幼苗处于水淹状态;③对照,正常管理。每个处理选择9盆,3个处理随机排列。处理42 d后进行相关指标测定,每个指标均重复3次。

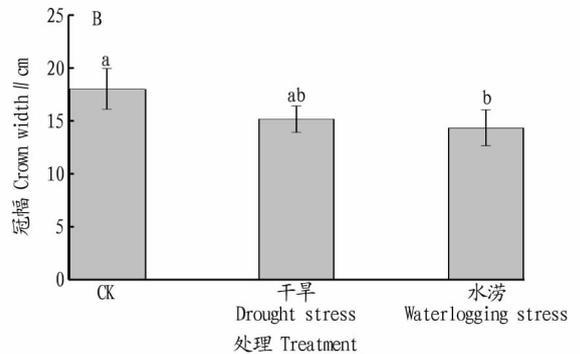
1.4 测定指标与方法 胁迫处理42 d后,每一处理选取幼苗3株,先用钢卷尺分别测量株高和冠幅,单株的冠幅在树干垂直方向上测量,精确到毫米(mm),同时用游标卡尺测量地径。然后用自来水冲松盆土,用蒸馏水将植株洗干净并用滤纸吸干,在万分之一天平上称量地上部分和地下部分的鲜重,最后在105℃杀青20 min后,于80℃烘箱中烘至恒重,自然冷却后分别测定地上、地下部分干物质的质量,3次重复,取其平均值,并计算根冠比(根系生物量与地上部分生物量比值)。



1.5 数据分析 采用 Excel 2010 对数据进行整理和初步分析;采用 SPSS 20.0 对数据进行统计分析;使用 Origin9.0 软件绘制图表。

2 结果与分析

2.1 水分胁迫对苗高、冠幅和地径的影响 由图 1A 可知,在干旱、水涝处理下,文冠果幼苗的生长受到了明显的抑制。控水处理42 d后,与对照相比,文冠果幼苗株高下降趋势比较明显,干旱、水涝处理下株高分别下降了31.6%和28.8%,与对照相比达到了显著差异($P<0.05$);从图 1B 可以看出,文冠果幼苗冠幅也表现出不同程度的减小趋势,干旱、水涝处理下文冠果幼苗冠幅分别比对照减小了15.9%和20.4%,多重均值测验结果表明,干旱胁迫处理与对照相比差异不显著,而水涝胁迫处理与对照相比差异显著($P<0.05$)。



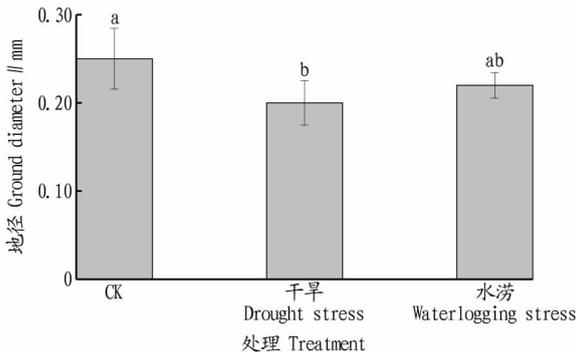
注:小写字母不同表示差异显著($P<0.05$)

Note: Different small letters meant significant difference ($P<0.05$)

图1 水分胁迫对苗高和冠幅的影响

Fig.1 Effects of water stress on seedling height and crown width

由图 2 可知,在干旱、水涝处理下,文冠果幼苗地径减小幅度是不同的。控水处理42 d后,与对照相比,干旱胁迫下文冠果幼苗地径显著减小($P<0.05$);而水涝胁迫下差异不显著($P>0.05$);干旱、水涝处理下地径分别减小了20.1%和12.1%。



注:小写字母不同表示差异显著($P<0.05$)

Note: Different small letters meant significant difference ($P<0.05$)

图2 水分胁迫对地径的影响

Fig.2 Effects of water stress on ground diameter

2.2 水分胁迫对生物量的影响 由图 3A 可以看出,与对照相比,干旱、水涝胁迫下文冠果幼苗地上生物量呈减小趋势。在控水处理42 d后,干旱、水涝胁迫下地上生物量分别比对照下降了29.9%和37.8%。由此可以看出,土壤中水分不足

或者过多都会影响文冠果幼苗地上部分的生长。

根干重是分析根系生长最常用的指标之一,它可以反映根系生长和环境的关系^[16]。由图 3B 可以看出,与对照相比,干旱、水涝胁迫下文冠果幼苗地下生物量显著下降,在控水处理42 d后,干旱、水涝胁迫下地下生物量分别比对照下降了27.7%和34.9%。这是由于在水分逆境中,文冠果各个器官的生长受到了抑制,使得干物质积累减小,地下生物量也随之下降。

与对照相比,干旱、水涝胁迫下,文冠果幼苗总生物量显著小于对照($P<0.05$) (图 4A)。在控水处理42 d后,干旱、水涝胁迫下总生物量分别比对照下降了37.8%和44.4%,且水涝胁迫处理下下降幅度较大。

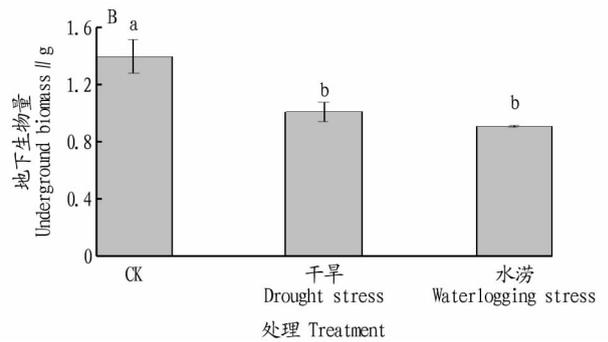
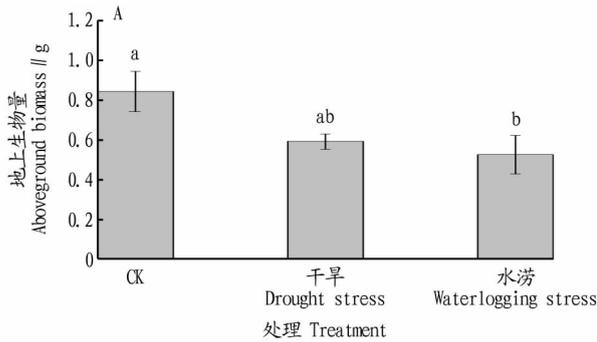
2.3 水分胁迫对生物量分配的影响 生物量的分配比例在一定程度上能反映树木在受到水分胁迫时的生存对策,树木在地上部分生物量降低的同时,较多地提高根比重,即地下生物量,这有利于缓解树木在水分胁迫下水分、养分的供求矛盾^[17]。由图 4B 可知,与对照相比,干旱、水涝处理下文冠果幼苗根冠比分别比对照提高了11.1%和33.9%,且差异均显著($P<0.05$)。

3 讨论与结论

植物在水分胁迫下,其外部形态会发生一系列异常的反应,表现出一定的适应特征,这是植物在外部形态上对水分

胁迫的综合响应^[18]。干旱胁迫条件下,栽培土壤缺乏对植物有效的水分供给,从而影响植物正常的生长,而水涝胁迫

主要指土壤水分超过田间持水量,导致氧气不足而使植物遭受损害^[19]。该研究表明,无论是干旱胁迫还是水涝胁迫都

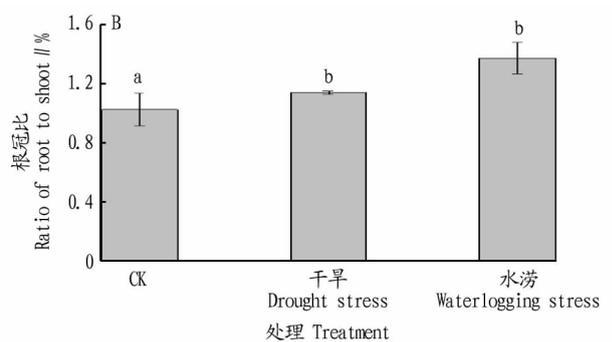
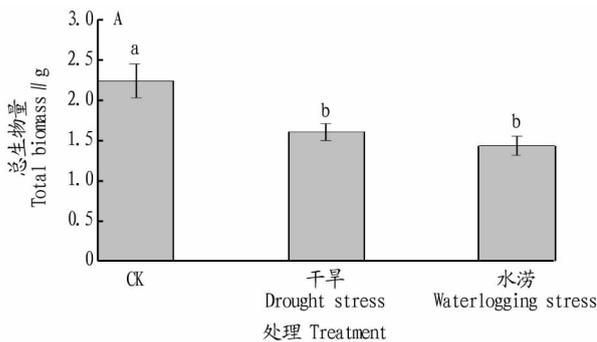


注:小写字母不同表示差异显著($P<0.05$)

Note: Different small letters meant significant difference ($P<0.05$)

图3 水分胁迫对地上生物量和地下生物量的影响

Fig.3 Effects of water stress on aboveground biomass and underground biomass



注:小写字母不同表示差异显著($P<0.05$)

Note: Different small letters meant significant difference ($P<0.05$)

图4 水分胁迫对总生物量和根冠比的影响

Fig.4 Effects of water stress on total biomass and ratio of root to shoot

对文冠果幼苗苗高、地径和冠幅的生长产生了抑制作用,在干旱、水涝胁迫下苗高、地径和冠幅均呈现了不同程度的下降趋势。这可能是由于文冠果幼苗地上部分主要依靠根系吸收水,当土壤中水分不足时,根系无法吸收地上部分生长所需的水分和养分,加上地上部分蒸腾作用较强,抑制了文冠果苗高、地径和冠幅的生长,这与赵春桥等^[20]、谢志玉等^[21]的研究结果相一致;而当土壤中水分过多时,造成根际缺氧,植物的光合作用和有氧呼吸受到限制,只能进行无氧呼吸,无氧呼吸过程中将会产生大量的有害物质,严重影响了植物生长,造成了文冠果幼苗苗高、地径和冠幅的减小。

生物量是植物获取能量能力的主要表现,对植物发育结构的形成具有十分重要的影响^[22]。在生长发育中,植物总是要不断调整其生长和生物量的分配策略来适应环境变化,在土壤水分胁迫条件下,植物通过调整生物量分配将逆境伤害降低到最小来适应环境胁迫^[23]。该研究发现,在控水处理42 d后,与对照相比,干旱、水涝胁迫下文冠果幼苗地上生物量、地下生物量和总生物量显著下降,这是因为在水分逆境条件下,由于叶绿体的CO₂供应不足以及叶肉细胞光合活性的下降严重影响了文冠果的光合作用,使得光合产物的产生受阻,干物质积累随之减少。这与王丹等^[24]、王巧等^[1]的

研究结果相符。

水分胁迫对文冠果幼苗生长状况的影响是其受到逆境胁迫后的表征,植物受到胁迫后,其内在的渗透调节物质、叶绿素含量、膜脂过氧化程度等也将会发生一系列的变化,对这些变化进行深入的研究将会更好地揭示水分胁迫下文冠果生长势减弱的内在机理。在以后的研究中,还需加强受胁迫后生理生化特性变化的研究。

参考文献

- [1] 王巧,刘秀梅,王华田,等.干旱和水涝胁迫对幼龄油松生长及光合作用的影响[J].中国水土保持科学,2015,13(6):40-47.
- [2] LEVITT J. Response of plant to environmental stresses [M]. New York: Academic Press, 1972:13.
- [3] 仇云峰,李亚光,李青山.干旱胁迫对小叶杨幼苗生长的影响[J].水土保持通报,2015,35(2):42-45.
- [4] YORDANOV I, VELIKOVE V, TSONEV T. Plant responses to drought, acclimation, and stress tolerance [J]. Photosynthetica, 2000, 38: 171-186.
- [5] ADDICOTT F T, CARNS H R. History and introduction [M] // ADDICOTT F T. Abscisic acid. New York: Praeger Publishers, 1983: 1-21.
- [6] CHRISTIANE F S, SHABALA S. Screening methods for waterlogging tolerance in Lucerne: Comparative analysis of waterlogging effects on chlorophyll fluorescence, photosynthesis, biomass and chlorophyll content [J]. Functional plant biology, 2003, 30(3): 335-343.
- [7] 周玲,王乃江,张丽楠. PEG胁迫对文冠果种子萌发和幼苗生理特性的影响[J].西北植物学报, 2012, 32(11): 2293-2298.

F_v/F_o 。主要指 PSII 的潜在光化学活性,该值越高代表具有活性的反应中心数量越多,能更有效地将光能转化为化学能,该试验中随着浓度的增加, F_v/F_o 先降低后升高再降低;QY 为实际最大光量子产率,可以反映出植物光合电子传递速率,是指植物目前的实际最大光合效率,其变化规律与 F_v/F_m 相一致; F_v/F_m 、 F_v/F_o 以及 QY 都以 1.0 mmol/L 时达到最低值^[17-18]。

叶绿素荧光耗散途径分为非光化学淬灭和光化学淬灭形式。Qp 主要指光化学淬灭,是光合作用引起的荧光淬灭,可以反映出植物光合活性的高低,该试验中铝胁迫使 Qp 明显升高,且随着浓度的增加呈现先升高后降低的趋势;NPQ 主要指非光化学淬灭,反映了植物将多余的光能以热能形式耗散的能力,是逆境胁迫下植物防止过剩光能对光合机构造成破坏的一种重要保护机制。该试验中不同铝浓度下的 NPQ 均升高,表明铝胁迫抑制了杉木对光能的利用,进而对杉木生长造成一定的影响^[19-20]。

随着铝胁迫浓度的增加,杉木叶片的叶绿素荧光参数发生了改变。总的来说,杉木叶片的 F_o 、 F_m 和 F_v 均随着铝胁迫浓度的增加呈现出先降低后升高的趋势; F_v/F_m 、QY 均表现出先升高后降低再升高最后降低的趋势; F_v/F_o 随着浓度的增加先降低后升高再降低; F_o 、 F_m 、 F_v 、 F_v/F_m 、 F_v/F_o 以及 QY 均在 1.0 mmol/L 时达到最低值;NPQ 均明显高于 CK, NPQ 随着铝浓度的增加变化趋势与 F_v/F_m 、QY 一致;Qp 均明显高于 CK,且随着铝浓度的增加呈现出先升高后降低的趋势,铝浓度 1.0 mmol/L 时达最高值。

参考文献

- [1] 俞新妥.杉木栽培学[M].福州:福建科学技术出版社,1997.
- [2] 周丽丽.不同发育阶段杉木人工林养分内循环与周转利用效率的研究[D].福州:福建农林大学,2014;1.
- [3] ULRICH B, MAYER R, KHANNA P K. Chemical changes due to acid pre-

- cipitation in a loess-derived soil in central Europe[J]. Soil science, 1980, 130: 193-199.
- [4] 俞新妥.中国杉木研究进展(2000—2005) I.杉木生理生态研究综述[J].福建林学院学报,2006,26(2):177-185.
- [5] 林静雯,李莹,周垂帆,等.森林生态系统铝毒危害研究进展[J].世界林业研究,2014,27(6):21-26.
- [6] 张守仁.叶绿素荧光动力学参数的意义及讨论[J].植物学通报,1999,16(4):444-448.
- [7] SCHREIBER U, BILGER W, NEUBAUER C. Chlorophyll fluorescence as a noninvasive indicator for rapid assessment of in vivo photosynthesis[J]. Ecophysiology of photosynthesis, 1995, 100: 49-70.
- [8] MURCHIE E H, LAWSON T. Chlorophyll fluorescence analysis: A guide to good practice and understanding some new applications[J]. Journal of experimental botany, 2013, 64(13): 3983-3998.
- [9] GENTY B, BRIANTAIS J M, BAKER N R. The relationship between the quantum yield of photosynthetic electron transport and quenching of chlorophyll fluorescence[J]. Biochimica et biophysica acta; General subjects, 1989, 990(1): 87-92.
- [10] 贺立红,贺立静,梁红.银杏不同品种叶绿素荧光参数的比较[J].华南农业大学学报,2006,27(4):43-46.
- [11] 张家君,吕蒙蒙,武忆寒,等.剪根和植物生长调节剂对杉木幼苗生长的影响[J].亚热带农业研究,2019,15(3):157-162.
- [12] 许小丽,崔朋辉,林思祖,等.不同供铝水平对杉木幼苗生长的影响[J].广东农业科学,2016,43(7):45-50.
- [13] 熊日荣.不同杉木无性系在若干逆境下叶绿素荧光参数的比较分析[D].福州:福建农林大学,2011.
- [14] 林晗,陈辉,吴承祯,等.千年桐种源间叶绿素荧光特性的比较[J].福建农林大学学报(自然科学版),2012,41(1):34-39.
- [15] 理娜,王培,马志慧,等.酸铝复合胁迫对杉木苗叶绿素荧光的影响[J].福建农林大学学报(自然科学版),2018,47(6):686-690.
- [16] 马志慧.铝胁迫下杉木无性系苗若干生理过程及转录组的研究[D].福州:福建农林大学,2015.
- [17] 钟秋生,林郑和,郝志龙,等.氟铝互作对茶树叶片叶绿素荧光特性的影响[J].茶叶科学,2019,39(5):537-546.
- [18] 班宜辉,徐舟影,李静,等.叶绿素荧光分析技术在实验教学中的应用[J].实验技术与管理,2019,36(9):172-175.
- [19] DEMMIG-ADAMS B, ADAMS W W III, BARKER D H, et al. Using chlorophyll fluorescence to assess the fraction of absorbed light allocated to thermal dissipation of excess excitation[J]. Physiologia plantarum, 1996, 98(2): 253-264.
- [20] 叶义全,洪凯,张家君,等.铝胁迫对杉木幼苗生长、叶片光合特性和叶绿体超微结构的影响[J].东北林业大学学报,2020,48(2):7-11,16.

(上接第 119 页)

- [8] 张刚,魏典典,郭佳宝,等.干旱胁迫下不同种源文冠果幼苗的生理反应及其抗旱性分析[J].西北林学院学报,2014,29(1):1-7.
- [9] 丁明秀,敖妍.文冠果开花座果研究进展[J].中国农学通报,2008,24(10):381-384.
- [10] 马凯,高述民,胡青,等.文冠果雄蕊发育的解剖学及雄性不育蛋白的研究[J].北京林业大学学报,2004,26(5):40-42.
- [11] 牟洪香,侯新村,刘巧哲.木本能源植物文冠果的表型多样性研究[J].林业科学研究,2007,20(3):350-355.
- [12] 李占林,李锐,张鹏.文冠果化学成分及药理作用研究进展[J].沈阳药科大学学报,2004,21(6):472-475.
- [13] 张晓燕,高永,胡春元,等.文冠果耐盐性试验研究[J].干旱区资源与环境,2013,27(7):168-172.
- [14] 田吉,张芸香,樊兴路,等.文冠果幼苗对盐胁迫的生长策略响应和耐盐性阈值研究[J].中国农学通报,2016,32(19):18-22.
- [15] 王艺林,吕东,刘建海,等.甘肃省河西走廊干旱荒漠区文冠果不同种源造林效果[J].河北林果研究,2016,31(4):370-373.

- [16] 肖冬梅,王鑫,姬兰柱.水分胁迫对长白山阔叶红松林主要树种生长及生物量分配的影响[J].生态学杂志,2004,23(5):93-97.
- [17] 孙书存,陈灵芝.辽东栎幼苗对干旱和去叶的生态反应的初步研究[J].生态学报,2000,20(5):893-897.
- [18] 侯舒婷,张倩,刘思岑,等.黄金香柳对水分胁迫的生长与生理响应[J].西北植物学报,2014,34(12):2491-2499.
- [19] 陈立松,刘星辉.果树逆境生理[M].北京:中国农业出版社,2003.
- [20] 赵春桥,陈敏,侯新村,等.干旱胁迫对柳枝稷生长与生理特性的影响[J].干旱区资源与环境,2015,29(3):126-130.
- [21] 谢志玉,张文辉,刘新成.干旱胁迫对文冠果幼苗生长和生理生化特征的影响[J].西北植物学报,2010,30(5):948-954.
- [22] 宇万太,于永强.植物地下生物量研究进展[J].应用生态学报,2001,12(6):927-932.
- [23] 梁君瑛.水分胁迫对桑树苗生长及生理生化特性的影响[D].北京:北京林业大学,2008.
- [24] 王丹,龚荣高,荣毅.干旱胁迫对枇杷生理特性及生长的影响[J].西北植物学报,2016,36(7):1399-1407.