

不同土壤含水率对太行红豆杉幼苗生长及品质的影响

邓哲, 姚素梅*, 孟丽, 张玉豪
(河南科技学院, 河南 新乡 453003)

摘要: 【目的】探寻不同土壤含水率对盆栽太行红豆杉生长和相关品质的影响。【方法】以5 a生太行红豆杉为试验材料, 研究不同土壤含水率处理对太行红豆杉幼苗期的生长量、可溶性蛋白、丙二醛、叶绿素及黄酮、多糖量的影响。不同土壤含水率处理设为田间最大持水率的90%~100% (W_1)、80%~90% (W_2)、70%~80% (W_3)、60%~70% (W_4)、50%~60% (W_5)。【结果】在 W_2 处理下植株苗高、地径、冠幅以及叶面积指数和叶绿素a、叶绿素b和总叶绿素量均达到最大, 比 W_1 处理分别提高了11.4%、26.7%、11.7%、15.6%、14.4%、8.9%和13.0%, 且该处理丙二醛量最低, 比 W_1 处理降低了14.1%; W_4 处理多糖和可溶性蛋白量最大, 比 W_1 处理分别提高了107.5%和42.0%; 70%~80%处理黄酮量达到最高比 W_1 处理提高了93.6%。【结论】 W_2 处理有利于太行红豆杉的生理生长, W_3 处理有利于太行红豆杉中黄酮量的积累, W_4 处理有利于太行红豆杉多糖量的积累。

关键词: 土壤含水率; 生长指标; 可溶性蛋白; 丙二醛; 叶绿素; 黄酮; 多糖

中图分类号: S791.49

文献标志码: A

doi: 10.13522/j.cnki.ggps.2019089

邓哲, 姚素梅, 孟丽, 等. 不同土壤含水率对太行红豆杉幼苗生长及品质的影响[J]. 灌溉排水学报, 2020, 39(2): 22-26, 45.

DENG Zhe, YAO Sumei, MENG Li, et al. Effect of different soil moisture content on the growth and quality of taihang taxus [J]. Journal of Irrigation and Drainage, 2020, 39(1): 22-26,45.

0 引言

太行红豆杉属南方红豆杉, 是南方红豆杉自然状态的最北界, 分布稀少。相比南方红豆杉太行红豆杉具有更耐严寒、更耐干旱、更耐贫瘠等优良特性。由于红豆杉的生长速度缓慢, 且红豆杉中的紫杉醇量极低且获取途径较为单一, 以至于紫杉醇的消费一直都处于供不应求的状态^[1]。尤其是近年来, 红豆杉野生资源保护不及时以及人为对太行山野生红豆杉资源的掠夺和砍伐等因素, 使得太行山野生红豆杉资源遭到毁灭性的破坏, 致使河南省太行红豆杉自然资源濒于枯竭。因此太行红豆杉资源亟须人工保护以及培育驯化, 研究并掌握太行红豆杉的生理和生态习性, 进而采取适当的方法加快繁殖太行红豆杉, 恢复再生太行山河南省内的野生红豆杉资源。保护及开发角度应该从各个方面出发, 如光照、肥料、水分等, 贺川江等^[2]以正常浇水量的百分比为梯度研究东北红豆杉的耐旱性, 研究表明在灌溉充足的条件下, 东北红豆杉的生长最佳; 郑理乔等^[3]水分胁迫对南方红豆杉的

影响研究表明干旱或者水涝都会影响幼苗的成活率; 赵昌琼等^[4]研究表明曼地亚红豆杉在田间最大持水率的80%以上时有利于其光合作用。截至目前, 太行红豆杉在田间持水率上的水分控制却未见报道, 本试验从红豆杉生长量、可溶性蛋白、丙二醛、叶绿素、黄酮和多糖等方面研究了太行红豆杉对不同土壤含水率的响应, 以期为太行红豆杉资源的保护、开发、利用提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验设计

试验用株苗为经过1 a驯化的生长均匀一致的4~5 a生太行红豆杉盆栽苗。试验基质成分为: 园土、稻壳鸡粪分别以6:1的比例混合均匀。试验在2018年3月2日于河南科技学院药用植物栽培实验室进行, 盆内栽培基质基本相同, 距盆沿保持相同距离, 红豆杉植株放置于空旷遮阳通风处按照每盆间隔25~40 cm的距离摆放。试验通过控制土壤含水率处理共设置了5个试验梯度: 土壤含水率为田间质量持水率的90%~100% (W_1)、80%~90% (W_2)、70%~80% (W_3)、60%~70% (W_4)、50%~60% (W_5)。每个处理选取6株太行红豆杉幼苗, 共计30株。每隔2 d测量1次土壤含水率, 如果达到土壤含水率下

收稿日期: 2019-06-10

基金项目: 河南省科技攻关项目(0624420016); 全国中药资源普查项目(财社[2017]183号)

作者简介: 邓哲(1993-), 男, 硕士研究生, 研究方向药用作物栽培驯化及开发。E-mail: 2279671269@qq.com

通信作者: 姚素梅(1974-), 女, 教授, 硕士生导师, 从事作物水肥高效利用的研究。E-mail: sumei@126.com

限浇水至土壤含水率上限来控制水分保持在梯度内，对红豆杉幼苗进行为期 90 d 的不同土壤含水率处理，研究不同程度的土壤含水率对红豆杉的生理特性、生长指标及相关品质的影响。

1.2 测定项目

生长性状指标于测定项目开始前完成测量，测定项目分别于 5 月下旬至 6 月上旬之间完成，太行红豆杉生长量分别采用钢尺、游标卡尺、皮尺和叶面积分析仪进行测量；叶绿素 a、叶绿素 b 量测定采用分光光度法测定^[5]；黄酮测定采用超声波提取分光光度法^[6-7]进行测定；多糖测定采用苯酚硫酸法^[8-9]进行测定；可溶性蛋白测定用考马斯亮蓝法^[10]进行测定；丙二醛测定采用紫外-可见分光光度法^[11]进行测定。

1.3 数据分析

数据记录处理采用 Microsoft Excel 2007 统计，数据分析处理采用 DPS7.05 处理，数据处理结果以平均数±SD 表示，显著性分析采用 Duncan 多重比较法。

2 结果与分析

2.1 不同土壤含水率处理对红豆杉幼苗生长性状的影响

表 1 为不同土壤含水率处理对红豆杉幼苗生长性状的影响。从表 1 可以看出，W₂ 处理下的太行红豆杉幼苗在株高、地径、冠幅、叶面积指数等生长指标均达到最佳，且分别为 W₁ 处理苗高的 1.11 倍、地径的 1.27 倍、冠幅的 1.12 倍、叶面积指数的 1.16 倍，且 2 个处理在各个生长指标方面上均存在极显著差异。

表 1 不同土壤含水率处理对红豆杉幼苗生长性状的影响

Table 1 Effects of soil moisture content on the characters in taxus chinensis seedings

处理 Treatments	株高 Plant height/cm	地径 Ground diameter/mm	冠幅 Crown breadth/cm	叶面积指数 Leaf area index
W ₁	52.93±1.42cC	6.12±0.27cB	52.17±1.06cB	3.47±0.23bB
W ₂	58.95±1.26aA	7.76±0.27aA	58.26±1.67aA	4.01±0.18aA
W ₃	53.97±1.02bB	7.11±0.28bA	55.12±0.72bB	3.21±0.32bB
W ₄	54.80±0.65bB	6.03±0.22cB	54.69±0.58bB	2.39±0.09cC
W ₅	49.30±0.94dD	5.95±0.10cB	48.93±1.30dC	2.50±0.19cC

注 表中小写字母表示 5% 水平的显著性，大写字母表示 1% 水平的显著性，下同。

Note the small and medium letters in the table represent the significance at the 5% level, and the capital letters represent the significance at the 1% level, the same as the following table.

由表 1 可知，W₁ 处理与其他处理的株高呈显著差异，W₃、W₄ 处理的红豆杉幼苗株高也极显著高于 W₁ 处理；而 W₅ 处理极显著低于 W₁ 处理，比 W₁ 处理的降低了 6.9%，表明 W₅ 处理明显限制了太行红豆

杉幼苗的生长。在地径生长中，W₂ 处理的生长达到最大为 7.76 mm，W₃ 处理次之为 7.11 mm，二者差异显著，且与其他 3 个处理有极显著差异，W₁、W₄、W₅ 处理之间无显著性差异，W₅ 处理仍是最低为 5.95 mm，比 W₁ 处理的降低了 2.8%。W₂ 处理冠幅最大为 58.26 cm，其与 W₅、W₁ 处理之间存在极显著差异；W₅ 处理最小为 48.93 cm，比 W₁ 处理降低了 6.2%；W₃、W₄ 处理均与 W₁ 处理存在显著差异。W₁ 与 W₃ 处理叶面积指数没有差异，但与其他处理均存在极显著差异，W₄ 处理时叶面积指数最低为 2.39，比 W₁ 处理的降低了 31.1%。以上从各生长指标角度分析说明不同土壤含水率处理的太行红豆杉幼苗对其生长影响不同，但株高、地径、冠幅以及叶面积指数的变化都随着处理中土壤含水率的降低而表现出先上升后下降的趋势，且表现共同的转折点为 W₂ 处理，证明该处理对太行红豆杉幼苗的生长促进作用最强，最为全面。

2.2 不同土壤含水率处理对红豆杉幼苗可溶性蛋白量的影响

不同土壤含水率处理太行红豆杉幼苗叶片中可溶性蛋白质量测定结果如图 1 所示，其中 W₂、W₃、W₄、W₅ 处理的可溶性蛋白量均高于 W₁ 处理，不同处理的整体趋势表现为可溶性蛋白量随着干旱程度的增加而增加。在 W₁ 处理时可溶性蛋白量最低为 1.19 ug/g，W₄ 处理可溶性蛋白量最高为 1.65 ug/g，比 W₁ 处理增高了 42.0% 且存在极显著差异；W₂、W₃、W₁ 处理无显著性差异，W₄ 和 W₅ 处理无显著性差异但都与 W₁ 处理表现极显著差异。

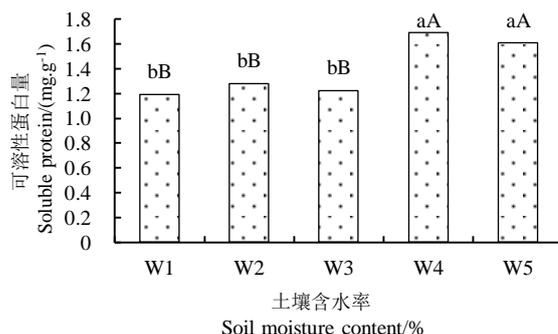


图 1 不同土壤含水率对红豆杉幼苗可溶性蛋白量的影响

Fig.1 Effects of soil moisture content on soluble protein in taxus chinensis seedings

2.3 不同土壤含水率处理对红豆杉幼苗丙二醛量的影响

图 2 为不同土壤含水率对红豆杉幼苗丙二醛量的影响。如图 2 所示，W₂ 处理丙二醛量最低为 12.03 nmol/g，比 W₁ 处理丙二醛量降低了 14.1%，并且存在极显著差异，说明此处理适宜于红豆杉的生长，随着土壤水分胁迫严重程度的增加，其处理组中丙二醛

量呈上升趋势, 在 W_5 处理时丙二醛量达到最高为 15.82 nmol/g , 是 W_1 处理的 1.13 倍, 并且与该处理存在极显著差异。

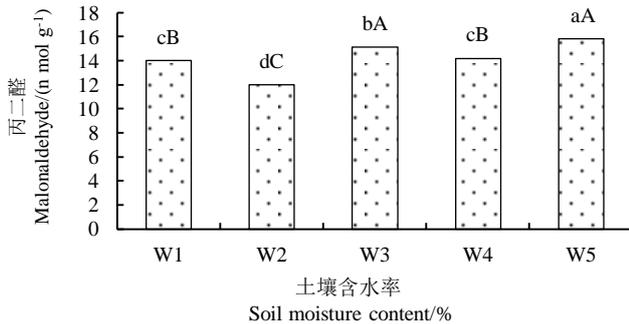


图2 不同土壤含水率对红豆杉幼苗丙二醛量的影响

Fig.2 Effects of soil moisture content on Malonaldehyde in taxus chinensis seedlings

2.4 不同土壤含水率处理对红豆杉幼苗叶绿素量的影响

表2为不同土壤含水率处理对红豆杉幼苗叶绿素量的影响。如表2所示, 不同土壤含水率处理中, 叶绿素a量在太行红豆杉幼苗叶片中表现为: W_2 处理中叶绿素a量最高, 为 1.51 mg/g , 比 W_1 处理高 14.4% 且具有极显著性差异, 随着土壤含水率的减少呈现出减弱趋势, 在 60%~70% 处理时叶绿素a量达到最低为 1.11 mg/g ; 不同土壤含水率处理下, 叶绿素b的量在太行红豆杉幼苗叶片中表现为: W_2 处理最高, 为 0.49 mg/g 比 W_1 处理高 8.9%, 二者之间差异显著; W_3 、 W_4 、 W_5 处理均低于 W_1 处理, 其中 W_3 与 W_1 处理无显著性差异, W_4 、 W_5 处理均与 W_1 处理有显著性差异。

不同土壤含水率处理, 太行红豆杉幼苗叶绿素总量和叶绿素a量表现基本一致, W_2 处理中总叶绿素量仍是最高为 2.00 mg/g , 比 W_1 处理高 13.0%, 二者存在极显著性差异; W_3 处理次之, 随着土壤含水率的降低而呈减弱趋势, W_4 处理和 W_5 处理都比 W_1 处理低且存在极显著差异。综上, W_2 处理叶绿素量最高, 有利于太行红豆杉的光合作用, 有利于生长。

2.5 不同土壤含水率对红豆杉多糖量的影响

图3为不同土壤含水率对红豆杉幼苗多糖量的影响。如图3所示, 在对太行红豆杉幼苗叶片中多糖量的测定中, 各个处理中均呈极显著差异, 且表现出先降低后升高的趋势, W_2 处理多糖量最小量, 为 54.86 mg/g , 后多糖量随水分胁迫的增强而呈现出增加的趋势, 且在 W_4 的处理时多糖量达到最大量为 149.21 mg/g 。不同土壤含水率处理多糖量从高到低次序为 W_4 处理 > W_5 处理 > W_3 处理 > W_1 处理 > W_2 处理, W_4 处理有利于太行红豆杉多糖的产生和累积。

表2 不同土壤含水率处理对红豆杉幼苗叶绿素量的影响

Table 2 Effects of soil moisture content on Chlorophyll in taxus chinensis seedlings

处理 (Treatments)	叶绿素 a (Chlorophyll a) (mg g ⁻¹)	叶绿素 b (Chlorophyll b) (mg g ⁻¹)	总叶绿素 (Chlorophyll all) (mg g ⁻¹)
W ₁	1.32±0.04bB	0.45±0.05bA	1.77±0.04bB
W ₂	1.51±0.10aA	0.49±0.04aA	2.00±0.14aA
W ₃	1.35±0.08bB	0.44±0.05bA	1.79±0.13bB
W ₄	1.11±0.09cC	0.35±0.04cA	1.47±0.06cC
W ₅	1.16±0.07cC	0.37±0.04cA	1.53±0.11cC

2.6 不同土壤含水率对红豆杉黄酮量的影响

图4为不同土壤含水率对红豆杉幼苗黄酮量的影响。如图4所示, 在对太行红豆杉幼苗叶片中黄酮量的测定中, W_1 处理黄酮量最低, 为 45.29 mg/g , W_3 处理为 W_1 黄酮量的 1.94 倍, 达到最高为 87.66 mg/g , 与其他处理均存在极显著性差异。各处理均与 W_1 处理表现极显著性差异, 随着土壤含水率的递减, 太行红豆杉中黄酮量的整体趋势表现为先增加后减少, 且在 W_3 处理时黄酮积累量达到最大, 说明适度的土壤含水率处理有利于太行红豆杉中黄酮量的产生与累积。

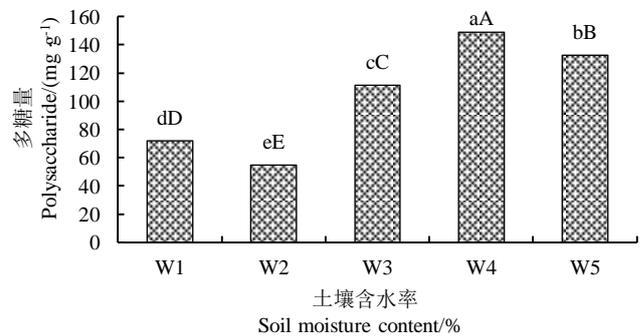


图3 不同土壤含水率对红豆杉幼苗多糖量的影响

Fig.3 Effects of soil moisture content on polysaccharide in taxus chinensis seedlings

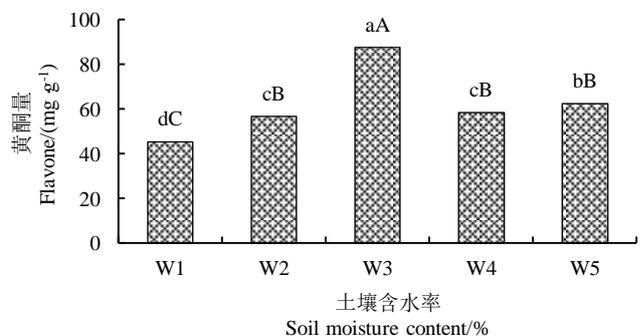


图4 不同土壤含水率对红豆杉幼苗黄酮量的影响

Fig.4 Effects of soil moisture content on flavone in taxus chinensis seedlings

3 讨论

土壤含水率是影响植物正常生长的一个重要因子,赵昌琼等^[4]研究表明土壤含水率维持在田间最大持水率的80%以上时,对曼地亚红豆杉光合作用有利。本研究中太行红豆杉与其结论相似,在W₂处理下,植株的株高、地径、冠幅、叶面积指数等都达到最大值,证明此条件下对太行红豆杉幼苗的生长、发育促进作用最强;在此处理条件下叶绿素a、叶绿素b和总叶绿素量均达到最高,说明此时的土壤含水率有利于植物叶绿素量的积累,有利于植物进行光合作用。

可溶性蛋白作为渗透调节的重要物质之一,在干旱胁迫下可束缚更多的水分,进而提升植物的抗旱性。太行红豆杉幼苗叶片中可溶性蛋白量的测定结果表明,在W₄和W₅处理下,可溶性蛋白量基本达到最大且二者之间无差异性。这与刘丹等^[12]的研究结果一致,在重度和中度干旱条件下更有利于银杏叶片可溶性蛋白质量的积累。相关研究表明,水分胁迫会诱导树木体内某类特定的可溶性蛋白质的生成,这类可溶性蛋白质可促使植物抗旱性增强,并适应干旱环境^[13]。由此推断干旱胁迫刺激了红豆杉可溶性蛋白的转换或者合成,可能是红豆杉为了避免干旱胁迫带来的伤害,诱导了某些抗旱基因的表达产生的抗逆性蛋白质,以维持红豆杉植株的正常生理生化反应。MDA量是反映细胞膜脂过氧化水平的重要指标,水分胁迫引起的膜脂过氧化作用破坏了质膜结构^[14]。在对太行红豆杉幼苗的不同土壤含水率处理中,丙二醛量表现为不同土壤含水率处理组别之间差异极显著,在W₂处理条件下丙二醛量达到最低有利太行红豆杉的正常生长,随着土壤含水率的逐渐减少,处理组中丙二醛量逐步升高,且W₅处理条件下丙二醛量达到最高此时不利于太行红豆杉生长,可能原因是随着干旱胁迫的增加红豆杉植株在处理后期产生衰老物质,加剧红豆杉细胞膜膜脂过氧化程度致使其通透性加深。这与胡宏远等^[15]的研究结果相同。整体而言,W₂处理对红豆杉幼苗的生长性状有促进作用,使其生长状况表现良好,是太行红豆杉幼苗生长的适宜条件。

朱灿灿等^[16]通过对银杏叶内总黄酮量研究,在不同干旱胁迫条件下总黄酮的量具有不同的变化趋势,随着干旱胁迫加剧导致总黄酮量变化幅度增大,其中,中度干旱胁迫条件处理对总黄酮量影响的变幅最大。干旱胁迫对不同植物不同部位黄酮的影响是不一致的,崔大练等^[17]研究表明大吴风草随着干旱胁迫强度的增加叶片总黄酮量逐渐增加而根状茎的总黄酮量逐渐降低。李光跃等^[18]在对黄芪的研究中表明适度的干旱胁迫能够促进黄芪中黄酮的积累,但过度干旱

胁迫则不利于其积累。本试验中太行红豆杉在W₃处理条件下叶片中黄酮量高于其他处理,且差异极显著,与李光跃等^[18]研究结论一致适度缺水亦有利于太行红豆杉叶片中黄酮量的积累。尹志荣等^[19]研究表明不同滴灌量对不同品种枸杞的多糖生成有不同的效果。梁建萍等^[20]研究表明轻度干旱胁迫有利于蒙古黄芪根部多糖和皂苷等次生代谢物质的累积,与该试验结果相似。本试验中太行红豆杉叶片多糖量在W₄处理下最高,并且差异极显著。试验表明,适宜的土壤含水率处理分别有利于太行红豆杉幼苗中黄酮、多糖成分的合成与累积。

太行红豆杉推广种植时,就田间最大持水率而言,以W₂处理土壤含水率培养其植株生长量达到最佳,但其叶片中营养成分黄酮和多糖累积相对较少,黄酮量在W₃处理土壤含水率处理时最佳,而多糖量在W₄处理土壤含水率处理最佳。

4 结论

1) 在W₂(80%~90%)土壤含水率处理下盆栽太行红豆杉的苗高增长量、地径增长量、冠幅增长量以及叶面积指数和叶绿素a、叶绿素b和总叶绿素量均达到最大,说明此时最有利红豆杉的生长。

2) 在W₃(70%~80%)土壤含水率处理时黄酮量达到最高,说明此时有利于红豆杉叶片中黄酮的产生与积累;在W₄(60%~70%)土壤含水率处理多糖量达到最大,此时有利于红豆杉叶片中多糖的产生和积累。

参考文献:

- [1] SUDINA BHUJU, DHURVA P GAUCHAN. *Taxus wallichiana* (Zucc.), an Endangered Anti-Cancerous Plant: A Review[J]. International Journal of Research, 2018, 5(21): 10-21.
- [2] 贺川江, 张淑英, 李先荣. 东北红豆杉耐旱性实验分析[J]. 园艺与种苗, 2016(10): 9-11, 14.
HE Chuanjiang, ZHANG Shuying, LI Xianrong. Experimental analysis on drought tolerance of *taxus cuspidata* [J]. Horticulture and Seedling, 2016(10): 9-11, 14.
- [3] 郑理乔, 金笑龙, 李春生, 等. 水分胁迫对南方红豆杉幼苗生长及生理特性的影响[J]. 安徽林业科技, 2011, 37(6): 8-11.
ZHENG Liqiao, JIN Xiaolong, LI Chunsheng, et al. Effects of water stress on growth and physiological characteristics of *taxus chinensis* seedlings[J]. Anhui Forestry Science and Technology, 2011, 37(6): 8-11.
- [4] 赵昌琼, 芦站根, 庞永珍, 等. 土壤水分胁迫对曼地亚红豆杉光合特性的影响[J]. 西南师范大学学报, 2003, 28(1): 126-129.
ZHAO Changqiong, LU Zhangeng, PANG Yongzhen, et al. Effects of soil water stress on photosynthetic characteristics of *taxus mandis*[J].

- Journal of Southwest Normal University, 2003, 28(1): 126-129.
- [5] 邹琦. 植物生理学实验指导[M]. 3版. 北京: 中国农业出版社, 2003: 72-74.
ZOU Qi. Experimental guide to plant physiology [M]. 3rd Ed. Beijing: China Agriculture Press, 2003: 72-74.
- [6] 胡喜巧, 杨文平, 陈红芝, 等. 温度对红花芽菜生长及黄酮和腺苷量的影响[J]. 北方园艺, 2013, 21: 168-170.
HU Xiqiao, YANG Wenping, CHEN Hongzhi, et al. Effect of temperature on growth and content of flavonoid and adenosine in flowering cabbage [J]. Northern Horticulture, 2013, 21: 168-172.
- [7] 王延峰, 李延清, 郝永红, 等. 超声波法提取银杏叶黄酮的研究[J]. 食品科学, 2002, 23(8): 166-167.
WANG Yanfeng, LI Yanqing, HAO Yonghong, et al. Study on ultrasonic extraction of flavonoids from ginkgo biloba leaves[J]. Food Science, 2002, 23 (8): 166-167.
- [8] 黄婧, 张名位, 辛修锋, 等. 苦瓜粗多糖提取工艺的优化[J]. 农业机械学报, 2007, 38(6): 112-116.
HUANG Jing, ZHANG Mingwei, XIN Xiufeng, et al. Optimization of extraction technology of crude polysaccharide from balsam pear[J]. Chinese Journal of Agricultural Machinery, 2007, 38(6): 112-116.
- [9] 张志军, 刘建华, 李淑芳, 等. 灵芝多糖量的苯酚硫酸法检测研究[J]. 食品工业科技, 2006, 27(2): 193-195.
ZHANG Zhijun, LI Jianhua, LI Shufang, et al. Study on the determination of ganoderma lucidum polysaccharide content by phenol sulfuric acid method[J]. Science and Technology of Food Industry, 2006, 27(2): 193-195.
- [10] BRADFORD M M. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein dye binding [J]. Anal Biochem, 1976, 72: 248.
- [11] 张秋萍, 吴霞红, 郑剑恒, 等. 生物样本中丙二醛测定方法的研究进展[J]. 理化检验-化学分册, 2016, 52(8): 979-985.
ZHANG Qiuping, WU Xiahong, ZHENG Jianheng, et al. Progress in the determination of malondialdehyde in biological samples[J]. Physical and Chemical Examination-Chemical Branch, 2016, 52(8): 979-985.
- [12] 刘丹, 陈国祥, 魏晓东, 等. 干旱对银杏生理生化特性及叶绿体超微结构的影响[J]. 南京师大学报(自然科学版), 2011, 34(2): 64-69.
LIU Dan, CHEN Guoxiang, WEI Xiaodong, et al. Effects of drought on physiological and biochemical characteristics and chloroplast ultrastructure of ginkgo biloba [J]. Journal of Nanjing Normal University (Natural Science Edition), 2011, 34(2): 64-69.
- [13] DICKMANN D, LIU Z, NGUYEN P V, et al. Photosynthesis, water relations, and growth of two hybrid populus genotypes during a severe drought[J]. Canadian Journal of Forest Research, 2011, 22(8): 1092-1106.
- [14] PRICE A H, GRAFT G. Stress and role of activated oxygen scavengers and protective enzymes in plant subjected to drought[J]. Biochemical Society Transactions, 1989, 17(3): 493-494.
- [15] 胡宏远, 马丹阳, 李双岑, 等. 水分胁迫对赤霞珠葡萄主要抗旱生理指标及品质的影响[J]. 灌溉排水学报, 2016, 35(5): 79-84.
HU Hongyuan, MA Danyang, LI Shuangcen, et al. Effects of water stress on main drought-resistant physiological indexes and quality of cabernet sauvignon grapes [J]. Journal of Irrigation and Drainage, 2016, 35(5): 79-84.
- [16] 朱灿灿, 田亚玲, 曹福亮, 等. 干旱胁迫对银杏叶类黄酮年动态变化的影响[J]. 林业科技开发, 2010, 24(4): 67-71.
ZHU Cancan, TIAN Yaling, CAO Fuliang, et al. Effects of drought stress on annual dynamic changes of flavonoids in ginkgo biloba leaves[J]. Development of Forestry Science and Technology, 2010, 24(4): 67-71.
- [17] 崔大练, 马玉心. 大吴风草总黄酮量季节动态变化及对逆境胁迫的响应[J]. 浙江大学学报(医学版), 2013, 42(3): 319-325.
CUI Dalian, MA Yuxin. Seasonal dynamic change of total flavonoids content in trifolium daeolata and its response to adverse stress[J]. Journal of Zhejiang University (Medical Edition), 2013, 42(3): 319-325.
- [18] 李光跃, 罗晓雅, 孙窗舒, 等. 干旱胁迫对黄芪植株生长中黄酮类成分积累的影响[J]. 西北植物学报, 2017, 37(1): 138-143.
LI Guangyue, LUO Xiaoya, SUN Chuangshu, et al. Effects of drought stress on the accumulation of flavonoids in the growth of astragalus membranaceus[J]. Acta Botanica Boreali-occidentalia Sinica, 2017, 37(1): 138-143.
- [19] 尹志荣, 雷金银, 桂林国, 等. 不同滴灌量对不同品种枸杞生长、产量和品质的影响[J]. 灌溉排水学报, 2018, 37(10): 28-34.
YIN Zhirong, LEI Jinying, GUI Linguo, et al. Effects of different drip irrigation on growth, yield and quality of different varieties of lycium barbarum [J]. Journal of Irrigation and Drainage, 2018, 37(10): 28-34.
- [20] 梁建萍, 贾小云, 刘亚令, 等. 干旱胁迫对蒙古黄芪生长及根部次生代谢物量的影响[J]. 生态学报, 2016, 36(14): 4415-4422.
LIANG Jianping, JIA Xiaoyun, LIU Yaling, et al. Effects of drought stress on growth and secondary metabolites in root of astragalus mongolicus [J]. Acta Ecologica Sinica, 2016, 36(14): 4415-4422.