

海拔对藜麦苗期生理指标的影响

刘文瑜¹, 李健荣², 黄杰¹, 魏玉明¹, 杨发荣¹

(1. 甘肃省农业科学院畜草与绿色农业研究所, 甘肃 兰州 730070; 2. 宁夏农业技术推广总站, 宁夏 银川 750001)

摘要: 选择甘肃省不同海拔地区, 以国内首个藜麦品种陇藜1号为材料, 测定不同海拔对藜麦苗期叶片生理指标的影响。结果表明, 随海拔的升高, 藜麦叶片的叶绿素、可溶性蛋白和脯氨酸含量先升高后下降; MDA含量和 O_2^- 产生速率升高后下降再升高, 在海拔最高(2 130 m)处达到最大值; SOD、POD、CAT和APX活性先升高后下降。说明随海拔的升高, 藜麦叶片通过积累渗透调节物质和提高抗氧化酶活性, 以清除多余的活性氧物质, 维持细胞渗透势平衡, 缓解环境变化对其生长造成的伤害。

关键词: 藜麦; 海拔; 叶绿素; 渗透调节物质; 抗氧化酶

中图分类号: S516 **文献标志码:** A **文章编号:** 1001-1463(2018)09-0017-05

[doi:10.3969/j.issn.1001-1463.2018.09.007](https://doi.org/10.3969/j.issn.1001-1463.2018.09.007)

Effects of Altitude on Physiological Indexes of *Chenopodium album* at Seedlings Stage

LIU Wenyu¹, LI Jianrong², HUANG Jie¹, WEI Yuming¹, YANG Farong¹

(1. Institute of Animal Husbandry, Pasture and Green Agriculture, Gansu Academy of Agricultural Sciences, Lanzhou Gansu 730070, China; 2. Ningxia Agricultural Technology Extension Station, Yinchuan, Ningxia 750001, China)

Abstract: Longli 1, the first *Chenopodium album* cultivar in China, was selected as the experimental material to determine the effects of different altitudes on physiological indexes of the leaves at the seedling stage in different altitudes in Gansu Province. The results showed that chlorophyll, soluble protein and proline contents of the leaves increased first and then decreased with the elevation increasing, MDA content and O_2^- production rate increased, then decreased and increased again, reaching the maximum at the highest elevation (2 130 m), and SOD, POD, CAT and APX activities increased first and then decreased. The results indicated that with the increase of altitude, the leaves accumulated osmotic regulators and increased antioxidant enzymes activities to remove excess reactive oxygen species, maintain the balance of cell osmotic potential, and alleviate the damage caused by environmental changes to its growth.

Key words: *Chenopodium album*; Altitude; Chlorophyll; Osmoregulation substances; Antioxidant enzymes

藜麦是苋科藜亚科藜属一年生双子叶草本植物^[1]。原产于南美洲安第斯山脉, 最早的种植地为秘鲁、厄瓜多尔和玻利维亚^[2]。藜麦籽实富含蛋白质、人体必需氨基酸、矿物质、维生素、膳

食纤维, 且低脂、低升糖、不含麸质, 是一种碱性蛋白食品^[3]。联合国粮农组织(FAO)认定藜麦为唯一一种单体即可满足人体全部营养需求的食物^[4]。

收稿日期: 2018-03-26

基金项目: 国家自然科学基金“不同海拔对藜麦产量和品质的影响及生理生态机制”(31660357)、兰州市科技支撑计划“兰州藜麦新品种选育及栽培加工技术与示范”(2017-2-5)、甘肃省农业科学院农业科技创新专项计划“藜麦耐旱种质资源筛选与转录组分析研究”(2017GASS66)、甘肃省青年科技人才托举工程项目“藜麦耐盐种质资源筛选及生理生态应答机制研究”。

作者简介: 刘文瑜(1985—), 女, 甘肃兰州人, 助理研究员, 博士, 主要从事作物逆境生态生理研究工作。联系电话: (0931)7611739。Email: lwy721@gsagr.ac.cn。

通信作者: 杨发荣(1964—), 男, 甘肃宁县人, 研究员, 主要从事藜麦引种及栽培工作。Email: lzyf08@163.com。

[5] 刘克禄, 陈卫国, 田斌, 等. 氮磷钾配施对制种辣椒种子产量和质量的影响[J]. 甘肃农业科技, 2015 (10): 10-12.

椒种子产量和质量的影响[J]. 甘肃农业科技, 2015

(本文责编: 陈伟)

随海拔升高,平均气温、大气压及 CO₂ 分压降低,光强增加,海拔的变化影响植物生长发育、物质代谢、结构和功能等诸多方面^[5]。甘肃省海拔跨度大,是研究海拔对藜麦生长影响的天然试验场。我们在甘肃省海拔 1 100~2 800 m 的区域内选择 5 个试验点,以国内首个藜麦品种陇藜 1 号为材料,通过测定苗期叶片叶绿素、可溶性糖、可溶性蛋白、脯氨酸、丙二醛(MDA)含量,超氧阴离子(O₂⁻)产生速率,超氧化物歧化酶(SOD)、过氧化物酶(POD)、过氧化氢酶(CAT)和抗坏血酸过氧化物酶(APX)活性,探究了不同海拔对藜麦苗期生长的影响,以揭示藜麦苗期响应海拔变化的生理机制,为藜麦适种区的选择提供参考。

1 材料与方法

1.1 供试材料

供试藜麦品种为陇藜 1 号,千粒重 3.49 g,由甘肃省农业科学院自育。供试肥料为磷酸二铵(云南三环中化美盛化肥有限公司,总养分≥64.0%,N-P₂O₅为 18-46)、黄腐酸钾(山旺生物科技有限公生产,有效成分≥52%)、尿素(甘肃刘化集团有限责任公司生产,总氮≥46.4%)。

1.2 试验方法

在甘肃省海拔 1 100~2 800 m 的生态区域选择 5 个试验点,分别为庆阳市宁县、兰州市安宁区、张掖市民乐县、金昌市永昌县和兰州市永登县,试验地气候条件见表 1。随机区组设计,3 次重复,小区面积 96 m² (12 m×8 m)。藜麦于 2017 年 4 月 15 日开沟点播,播种量 1.5 kg/hm²,行距 40 cm,株距 30 cm。播前结合整地施磷酸二铵 375 kg/hm²、黄腐酸钾 150 kg/hm²、尿素 1 125 kg/hm²。要求土地精细旋耕,镇压和耙耢,做到土质绵软,墒足平整。待幼苗长至 8 叶期间、定苗,定苗后 10 d 取从上往下数第 2~3 片成熟叶片进行生理生化指标测定。

表 1 试验地概况

试验地	海拔/m	年均温度/℃	年均降水量/mm	日照时数/h	无霜期/d
庆阳市宁县	1 120	8.7	565.9	2 369.1	168.2
兰州市安宁区	1 520	8.9	349.9	2 476.4	171.0
张掖市民乐县	1 800	4.1	351.0	2 592.0	140.0
金昌市永昌县	1 980	4.8	185.1	2 884.2	134.0
兰州市永登县	2 130	5.9	290.0	2 659.0	121.0

1.3 测定指标与方法

采用乙醇丙酮法测定叶绿素含量^[6],采用蒽酮乙酸酯法测定可溶性糖含量^[6],采用考马斯亮蓝比色法测定可溶性蛋白含量^[7],采用酸性茚三酮法测定脯氨酸含量^[7],采用硫代巴比妥酸(TBA)法测定 MDA 含量^[7]。参照王爱国和罗广华的方法测定 O₂⁻ 产生速率^[8],参照 Huang 的方法并稍作改动测定 SOD 活性^[9],参照 Shi 等方法测定 POD 活性^[10],参照 Abei 等方法测定 CAT 活性^[11],参照 Nakano 和 Asada 方法测定 APX 活性^[12]。每个指标重复测定 3 次。

1.4 数据分析

采用 Microsoft Excel 2010 和 SPSS 17.0 进行数据整理和分析,数据结果以“平均值±标准误”表示,用 Sigma Plot 12.5 作图。

2 结果与分析

2.1 海拔对苗期藜麦叶片叶绿素的影响

由图 1 可以看出,随着海拔的升高,苗期陇藜 1 号叶片叶绿素含量呈先升高后降低的趋势。在海拔 1 800 m 时(张掖市民乐县),苗期藜麦叶片叶绿素含量最高,达到 1.46 mg/g,较最低海拔地区(庆阳市宁县)升高了 29.50%。

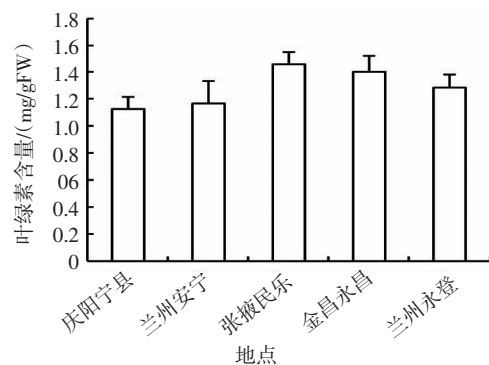


图 1 海拔对苗期藜麦叶片叶绿素含量的影响

2.2 海拔对苗期藜麦叶片渗透调节物质的影响

通过图 2 可以看出,海拔对苗期藜麦叶片可溶性糖、可溶性蛋白和脯氨酸含量均有影响。图 2-A 所示,苗期藜麦叶片可溶性糖含量以海拔 1 800 m(张掖市民乐县)种植的最高;其次为海拔 1 520 m(兰州市安宁区),比海拔最低地区(庆阳市宁县)分别高 0.52%和 0.26%。由图 2-B 可知,随着海拔的升高,苗期藜麦叶片可溶性蛋白含量呈先升高后下降的趋势。其中海拔 1 800 m(张掖市民乐县)种植的最高,其次为海拔 1 980 m(金昌市

永昌县), 较海拔最低地区(庆阳市宁县)分别升高 57.82%和 49.68%。如图 2-C 所示, 随海拔的升高, 苗期藜麦叶片脯氨酸含量呈先升高后降低的趋势。其中海拔 1 980 m(金昌市永昌县)种植的最高, 其次为海拔 1 800 m(张掖市民乐县), 较海拔最低地区(庆阳市宁县)分别升高 171.38%和 118.06%。

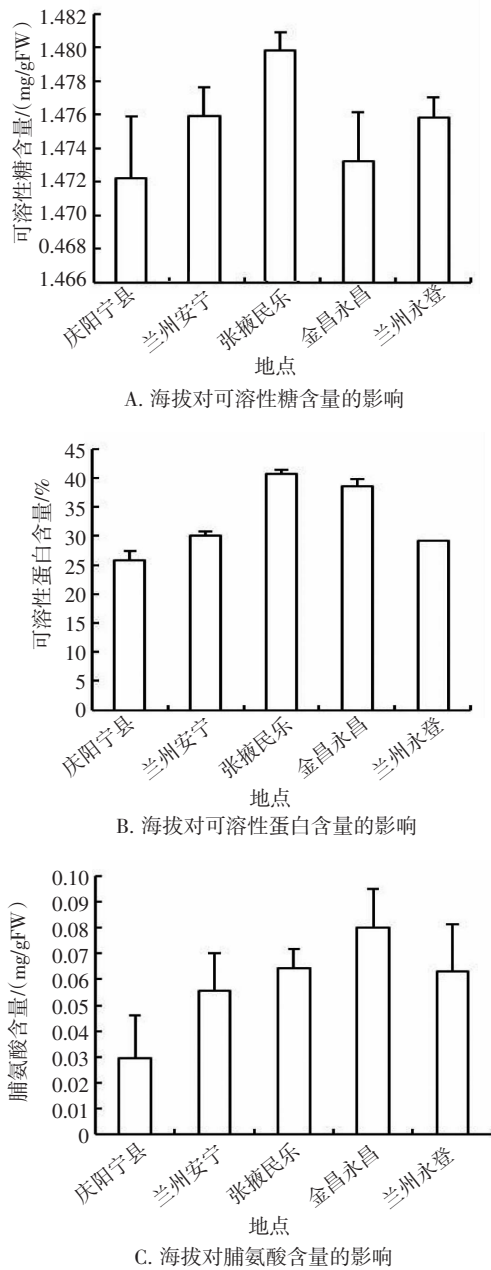


图 2 海拔对苗期藜麦叶片渗透调节物质含量的影响

2.3 海拔对苗期藜麦叶片抗氧化酶活性的影响

由图 3 可知, 随海拔升高, 苗期藜麦叶片 SOD、POD、CAT 和 APX 活性呈先升高后降低的趋势。其中, 海拔 1 800 m(张掖市民乐县)种植的藜麦在苗期时叶片中上述 4 种抗氧化酶活性最高,

较海拔最低地区(庆阳市宁县)分别升高了 251.67%、122.92%、56.99%和 128.26%。说明海拔升高, 藜麦幼苗内抗氧化酶活性升高, 可有效缓解活性氧代谢物质对其造成的伤害, 促进幼苗生长。

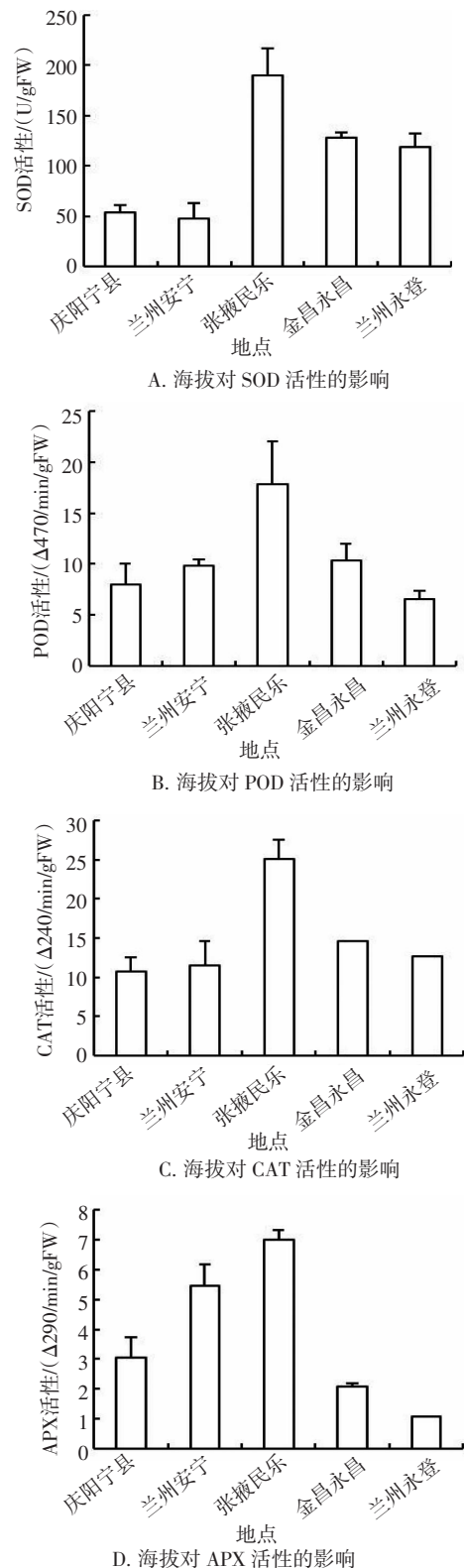
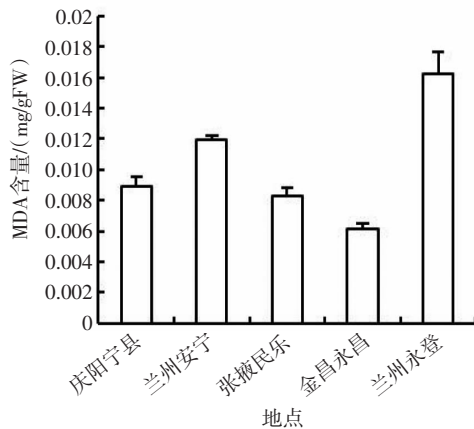


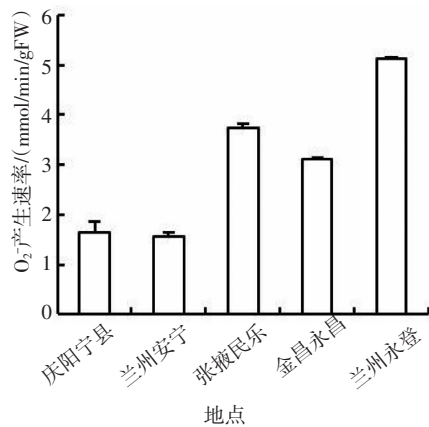
图 3 海拔对苗期藜麦叶片抗氧化酶的影响

2.4 海拔对苗期藜麦叶片活性氧代谢物质的影响

由图 4 可以看出, 海拔升高导致苗期藜麦叶片 MDA 含量和 O_2^- 产生速率呈现升高后下降再升高的趋势。海拔最高地区(兰州市永登县)种植的藜麦叶片 MDA 含量和 O_2^- 产生速率最大, 分别较海拔最低地区(庆阳市宁县)升高了 82.19% 和 212.66%。说明由于海拔升高, 温度降低, 使苗期藜麦细胞内活性氧大量积累, 对苗期藜麦细胞膜造成损伤, 从而抑制苗期藜麦生长。



A. 海拔对 MDA 含量的影响



B. 海拔对 O_2^- 产生速率的影响

图 4 海拔对苗期藜麦叶片活性氧代谢物质含量的影响

3 小结与讨论

植物叶片是植物感受外界环境最直接的器官, 光合作用直接关系到植物的生长发育、产量形成及次生代谢物质的合成积累^[13], 叶绿素是光合作用的主要物质基础。朱军涛等^[14]研究发现, 随海拔升高, 塔里木沙拐枣叶绿素含量逐渐升高。本试验表明, 藜麦苗期叶片叶绿素含量随海拔升高而呈先增加后降低的变化趋势, 当海拔达到 1 800 m 时叶绿素含量最高。

渗透调节被认为是植物抵抗逆境胁迫的重要且有效的抗逆机理。可溶性糖、可溶性蛋白、脯氨酸是植物体内重要的渗透调节物质^[15]。曹永华等^[16]研究发现, 随海拔升高, 苹果叶片可溶性蛋白含量增加, 可溶性糖和脯氨酸含量先增加后降低。本试验表明, 藜麦苗期叶片可溶性糖、可溶性蛋白和脯氨酸含量随海拔升高呈现增加后减小的变化趋势。

植物在遭受非生物胁迫时, 会产生活性氧, 活性氧性质活跃, 在植物缺少保护时, 会破坏细胞的生物膜脂、蛋白质和核酸, 从而使植物的正常新陈代谢受到严重干扰^[17]。为了清除这些活性氧, 植物会启动其体内的活性氧清除系统, 其中抗氧化酶系统是植物在逆境胁迫下防御自由基氧化损伤最重要的酶促系统^[18]。张绍先等^[19]研究发现, 随海拔高度的增加, 珙桐叶片 MDA 含量逐渐降低, SOD 活性逐渐增加。本试验表明, 随海拔的升高, 藜麦苗期叶片 MDA 含量升高后降低再升高, SOD、POD、CAT 和 APX 活性先增强后减弱。

综上所述, 海拔升高、温度降低、太阳辐射能增多、降水量减少, 使得藜麦叶片中叶绿素积累。另外, 藜麦通过提高细胞内可溶性糖、可溶性蛋白和脯氨酸含量, 增强抗氧化酶活性, 清除膜质过氧化产物和活性氧代谢物质, 从而适应环境变化对藜麦幼苗造成的伤害, 促进藜麦植株生长发育。

参考文献:

- [1] 王晨静, 赵习武, 陆国权, 等. 藜麦特性及开发利用研究进展[J]. 浙江农林大学学报, 2014, 31(2): 296-301.
- [2] 杨发荣. 藜麦新品种陇藜 1 号的选育及应用前景[J]. 甘肃农业科技, 2015(12): 1-5.
- [3] 黄杰, 刘文瑜, 魏玉明, 等. 4 个藜麦品种在陇东旱作区幼苗生长量及生理生化指标分析[J]. 甘肃农业科技, 2017(10): 35-38.
- [4] WHITE P, ALVISTUR E, DIAZ C, *et al.* Nutrient content and protein quality of quinoa and cañihua, edible seed products of the andes mountains[J]. Agricultural and Food Chemistry, 1955, 3(6): 351-355.
- [5] 林小虎, 秘树青, 郭振清, 等. 不同海拔天女木兰叶抗氧化酶活性与光合色素含量[J]. 经济林研究, 2011, 29(2): 60-64.
- [6] 邹琦. 植物生理学实验指导[M]. 北京: 中国农业出版社, 2000: 62-174.
- [7] 李合生. 植物生理生化实验原理与技术[M]. 北京:

3 种除草剂对谷田杂草防除效果及安全性评价

张 磊, 何继红, 董孔军, 任瑞玉, 刘天鹏, 杨天育

(甘肃省农业科学院作物研究所, 甘肃 兰州 730070)

摘要: 以谷子品种陇谷 13 号为试验材料, 喷施不同剂量 3 种除草剂。结果表明, 以 25% 辛酰溴苯腈乳油苗期喷施防除杂草效果最好, 在 3 000 g/hm² 的剂量下, 株防效和鲜重防效均在 80% 以上。50% 扑草净可湿性粉剂对谷子出苗和产量影响最大, 而 25% 辛酰溴苯腈乳油影响最小。综合考虑, 25% 辛酰溴苯腈乳油 1 500 g/hm² 在杂草 2-4 叶期茎叶喷施效果最好。

关键词: 谷子; 化学除草; 除草剂; 防效

中图分类号: S451.22; S515 **文献标志码:** A **文章编号:** 1001-1463(2018)09-0021-04

doi: 10.3969/j.issn.1001-1463.2018.09.008

谷子是我国北方地区主要的粮草兼用型抗旱作物, 具有抗旱耐瘠、适应性广的特点^[1]。随着农业产业化和种植业结构的调整, 谷子在干旱和

半干旱地区粮食生产中发挥着重要作用。然而谷子粒小苗弱, 杂草普遍发生并且种类繁多, 杂草和谷子争光争肥, 影响谷子的产量和品质, 成为

收稿日期: 2018-04-27

基金项目: 现代农业产业技术体系 (CARS-06-13.5-A9); 甘肃省农业科学院学科团队 (2017GAAS21); 甘肃省特色作物产业技术体系。

作者简介: 张 磊(1984—), 女, 甘肃兰州人, 助理研究员, 主要从事小杂粮新品种选育研究工作。联系电话: (0)13919179323。

通信作者: 杨天育(1968—), 男, 甘肃渭源人, 研究员, 硕士生导师, 主要从事作物遗传育种研究于技术推广工作。联系电话: (0)13519638111。

高等教育出版社, 2000: 169-184.

- [8] 王爱国, 罗广华. 植物的超氧自由基与羟胺反应的定量关系[J]. 植物生理学通讯, 1990, 26(2): 55-57.
- [9] HUANG X S, LIU J H, CHEN X J. Overexpression of PtrABF gene, a bZIP transcription factor isolated from *Poncirus trifoliata*, enhances dehydration and drought tolerance in tobacco via scavenging ROS and modulating expression of stress-responsive genes[J]. BMC Plant Biology, 2010 (10): 230.
- [10] SHI S, FU X Z, PENG T, *et al.* Spermine pretreatment confers dehydration tolerance of citrus in vitro plants via modulation of antioxidative capacity and stomatal response [J]. Tree Physiology, 2010, 30: 914-922.
- [11] AEBI H. Catalase in vitro[J]. Methods Enzymology, 1984, 105: 121-126.
- [12] NAKANO Y, ASADA K. Hydrogen peroxide is scavenged by ascorbate-specific peroxidase in spinach chloroplasts[J]. Plant Cell Physiology, 1981, 22(5): 867-880.
- [13] 郭有燕, 刘宏军, 孔东升, 等. 干旱胁迫对黑果枸杞幼苗光合特性的影响[J]. 西北植物学报, 2016, 36(1): 0124-0130.
- [14] 朱军涛, 李向义, 张希明, 等. 昆仑山北坡前山带塔里木沙拐枣对不同海拔生境的生理生态响应[J]. 生态学报, 2010, 30(3): 0602-0609.
- [15] 姚 佳, 刘信宝, 崔 鑫, 等. 不同 NaCl 胁迫对苗期扁豆苜蓿渗透调节物质及光合生理的影响[J]. 草业学报, 2015, 24(5): 91-99.
- [16] 曹永华, 金高明, 刘兴禄, 等. 不同海拔红富士苹果叶片生理及果实品质的研究[J]. 西北农业学报, 2016, 25(12): 1821-1828.
- [17] 周 静, 徐 强, 张 婷. NaCl 胁迫对不同品种辣椒幼苗生理生化特性的影响[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版), 2015, 43(2): 120-125.
- [18] 杨发荣, 刘文瑜, 黄 杰, 等. 不同藜麦品种对盐胁迫的生理响应及耐盐性评价[J]. 草业学报, 2017, 26(12): 77-88.
- [19] 张绍先, 苏智先, 高 菊, 等. 不同海拔对珙桐叶片生理指标的影响[J]. 四川林业科技, 2013, 34(2): 10-15.

(本文责编: 陈 伟)