

# 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

黄 杰, 刘文瑜, 魏玉明, 金 茜, 杨发荣

(甘肃省农业科学院畜草与绿色农业研究所, 甘肃 兰州 730070)

**摘要:** 在陇东旱作区测定了 4 个藜麦品种幼苗的株高、根长、生物量及叶片可溶性糖、脯氨酸、MDA、抗氧化酶活性等生理生化指标, 结果表明, 4 个供试藜麦品种抗旱的生理生化指标以陇藜 1 号适应性表现最优, 陇藜 4 号表现次之。

**关键词:** 旱作区; 藜麦; 生物量; 抗氧化酶

**中图分类号:** S516 **文献标志码:** A

**文章编号:** 1001-1463(2017)10-0035-04

**doi:** 10.3969/j.issn.1001-1463.2017.10.011

藜麦是苋科藜亚科藜属一年生双子叶草本植物<sup>[1]</sup>, 原产于南美洲安第斯山脉的秘鲁、厄瓜多尔和玻利维亚, 距今已有 7 000 多年的种植历史<sup>[2]</sup>。

藜麦籽粒富含蛋白质及人体必需氨基酸、矿物质、维生素等多种营养物质, 且低脂、低升糖、低热量, 被联合国粮农组织(FAO)认定为唯一一种单

**收稿日期:** 2017-08-02

**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)、甘肃省科技支撑计划“藜麦等经济作物种质资源开发利用”(1504NKCA078-1)部分内容。

**作者简介:** 黄 杰(1981—), 男, 甘肃天水人, 助理研究员, 硕士, 主要从事藜麦栽培育种工作。联系电话:(0931)7611739。E-mail: huangjie\_0808@126.com。

**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。E-mail: lzyfr08@163.com。

力的强弱<sup>[10]</sup>。植物体内的 Pro 含量, 在一定程度上反映了植物的抗逆性, 抗旱性强的品种中往往积累了较多的脯氨酸。

## 参考文献:

- [1] LIU Q, KASUGA M. Two transcription factors, DREB1 and DREB2, with an EREBP/AP2 DNA binding domain separate two cellular signal transduction pathways in drought-and low-temperature-responsive gene expression, respectively, in *Arabidopsis*[J]. *Plant Cell*, 1998, 10: 1391-1406.
- [2] KASUGA M, MIURA S, SHINOZAKI K., et al. A combination of the *Arabidopsis* DREB1A gene and stress-inducible rd29A promoter improved drought and low-temperature stress tolerance in tobacco by gene transfer[J]. *Plant and Cell Physiology*, 2004, 45(3): 346-350.
- [3] LIU L X, ZHAO L S, LIANG X X. et al. Study on production of transgenic wheat with a stress-inducible transcription factor gene REEB1A by microprojectile bombardment[J]. *China Biotechnology*, 2003, 23(11): 53-56.
- [4] PELLEGRINESCHI A., REYNOLDS M., PACHECO M., et al. Stress-induced expression in wheat of the *Aro-*

*bidops* *thaliana* DREB1A gene delays water stress symptoms under greenhouse conditions[J]. *Genome*, 2004, 47(3): 493-500.

- [5] 许昆朋. 转 CBF3 基因马铃薯提高抗冷性的研究[D]. 泰安: 山东农业大学, 2011.
- [6] DOUH O, XVK P, MENGQ W, et al. Potato plants ectopically expressing *Arabidopsis thaliana* CBF3 exhibit enhanced tolerance to high-temperature stress[J]. *Plant, Cell and Environment*, 2014, 38: 61-72.
- [7] 贾小霞, 齐恩芳, 王一航, 等. 转录因子 DREB1A 基因和 Bar 基因双价植物表达载体的构建及对马铃薯遗传转化的研究[J]. *草业学报*, 2014, 23(3): 110-114.
- [8] 高文俊, 徐 静, 谢开云, 等. Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> 和 NaHCO<sub>3</sub> 胁迫下冰草的生长及生理响应[J]. *草业学报*, 2011, 20(4): 299-304.
- [9] 李 源, 刘贵波, 高洪文, 等. 紫花苜蓿种质耐盐性综合评价及盐胁迫下的生理反应[J]. *草业学报*, 2010, 19(4): 79-86.
- [10] 张海娜, 李小娟, 李存东, 等. 过量表达小麦超氧化物歧化酶基因对烟草耐盐能力的影响[J]. *作物学报*, 2008, 34(8): 1403-1408.

(本文责编: 郑立龙)

体即可满足人类基本营养需求的食物<sup>[3]</sup>。目前,在吉林、河北、山西、甘肃、青海都有种植<sup>[4]</sup>。甘肃省海拔跨度大,生态类型多样,有适合藜麦生长的广阔土地。陇东旱作区海拔低、日照充足、无霜期长,年均蒸发量远高于年均降水量,而藜麦具有耐旱、耐寒、耐盐碱等生物学特征<sup>[5]</sup>,因此,我们选择在庆阳市宁县种植了 4 个藜麦品种,通过测定苗期生物量、叶绿素、可溶性糖、脯氨酸、丙二醛(MDA)及抗氧化酶活性等生理生化指标,探究藜麦幼苗在陇东旱作区适应性,以期筛选出适宜当地种植的藜麦品种。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验地概况

试验设在甘肃省庆阳市宁县马泉村,位于甘肃省东部,属典型的旱作农业区。地理位置为 E 107° 41'~108° 34', N 35° 15'~35° 52', 海拔 1 120 m。年均气温 8.7 °C, 年均降水量 569.5 mm, 年均蒸发量 1 442.6 mm, 年均日照时数 2 369.1 h, 无霜期 169.2 d。

### 1.2 供试品种

供试藜麦品种为陇藜 1 号(L-1)、陇藜 2 号(L-2)、陇藜 3 号(L-3)和陇藜 4 号(L-4),均由甘肃省农业科学院畜草与绿色农业研究所提供,千粒重分别为 3.49 g、2.87 g、2.42 g 和 2.97 g。

### 1.3 试验设计

试验采用单因素随机区组试验设计,3 次重复,小区面积为 30 m<sup>2</sup>。于 2016 年 4 月 5 日覆膜穴播,每穴播种 3~5 粒,播种深度 2 cm,行距 30 cm,株距 25 cm。4 叶期间苗,每穴留苗 1 株。幼苗株高达到 15 cm 时,各小区取 5 株整株幼苗用于测定生长指标,另取幼苗顶部幼嫩叶片用于测定生理特性指标。

### 1.4 测定指标与方法

1.4.1 幼苗生长量 将植株连根取出,洗净根部泥土后用滤纸吸干根部及叶面水分,将其分成地上和地下两部分,分别测定株高、根长、地上部分及地下部分鲜重。然后将植株鲜样放入 105 °C

烘箱中杀青 15 min,在 70 °C 下烘至恒重,取出,分别测定其地上部分和地下部分干重。每个指标重复测定 5 次。

1.4.2 生理生化指标 采用乙醇丙酮法测定叶绿素含量<sup>[6]</sup>,采用蒽酮乙酸酯法测定可溶性糖含量<sup>[6]</sup>,采用考马斯亮蓝比色法测定可溶性蛋白含量<sup>[7]</sup>,采用酸性茚三酮法测定脯氨酸含量<sup>[7]</sup>,采用硫代巴比妥酸(TBA)法测定丙二醛(MDA)含量<sup>[7]</sup>。O<sub>2</sub><sup>-</sup>产生速率测定参照王爱国和罗广华<sup>[8]</sup>的方法,超氧化物歧化酶(SOD)活性测定参照 Huang 等<sup>[9]</sup>的方法并稍作改动,过氧化物酶(POD)活性测定参照 Shi 等<sup>[10]</sup>方法,过氧化氢酶(CAT)活性测定参照 Aebi<sup>[11]</sup>方法,抗坏血酸过氧化物酶(APX)活性测定参照 Nakano 等<sup>[12]</sup>的方法。每个指标重复测定 3 次。

### 1.5 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 幼苗生长指标

由表 1 可知,陇东旱作区种植的不同品种藜麦,其幼苗株高、根长、生物量和叶绿素含量均有差异,其中以 L-1 表现最优,L-4 次之。L-1 幼苗株高较其余 3 个品种分别增加 18.62%、21.27%、13.07%,根长增加 10.38%、8.09%、3.99%,地上鲜重增加 32.45%、100.57%、29.04%,地下鲜重增加 80.00%、200.00%、28.57%,叶绿素含量增加 24.79%、30.35%、4.29%。说明 L-1 适宜在陇东旱作区种植。

### 2.2 幼苗叶片可溶性糖和脯氨酸含量

由图 1 可知,不同藜麦品种幼苗叶片中的可溶性糖和脯氨酸含量不同。其中 L-1 幼苗叶片可溶性糖含量最高,分别较其余 3 个品种增加 0.51%、0.45% 和 0.26%;L-4 次之;L-2 含量最低。幼苗叶片中脯氨酸含量 L-1 最高,L-4 次之,L-3 含量最低。L-1 幼苗叶片脯氨酸含量较其余 3

表 1 甘肃陇东旱作区藜麦幼苗生长影响

| 品种  | 株高/cm        | 根长/cm       | 地上部分鲜重/g    | 地上部分干重/g    | 地下部分鲜重/g    | 地下部分干重/g    | 叶绿素含量/[mg/(gFW)] |
|-----|--------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|------------------|
| L-1 | 21.72 ± 1.51 | 5.21 ± 0.31 | 3.51 ± 0.41 | 0.33 ± 0.04 | 0.09 ± 0.02 | 0.01 ± 0.00 | 1.46 ± 0.09      |
| L-2 | 18.31 ± 0.91 | 4.72 ± 0.42 | 2.65 ± 0.12 | 0.24 ± 0.02 | 0.05 ± 0.00 | 0.01 ± 0.00 | 1.17 ± 0.17      |
| L-3 | 17.91 ± 1.42 | 4.82 ± 0.80 | 1.75 ± 0.10 | 0.16 ± 0.01 | 0.03 ± 0.00 | 0.01 ± 0.00 | 1.12 ± 0.09      |
| L-4 | 19.21 ± 1.31 | 5.01 ± 0.31 | 2.72 ± 0.09 | 0.28 ± 0.01 | 0.07 ± 0.00 | 0.01 ± 0.00 | 1.40 ± 0.12      |

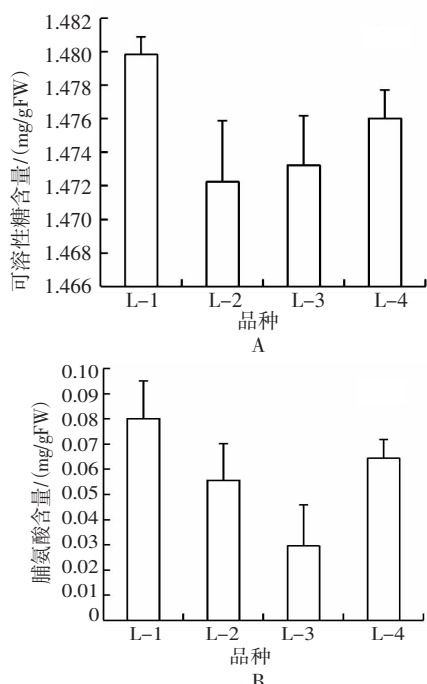


图 1 藜麦在陇东旱作区幼苗叶片中可溶性糖和脯氨酸含量  
个品种分别高 30.55%、63.15%和 19.65%。说明藜麦品种 L-1 对陇东旱作区的适应性最优。

### 2.3 幼苗叶片活性氧物质含量

由图 2 可知，不同藜麦品种在陇东旱作区种植后，幼苗叶片 MDA 含量和 O<sub>2</sub><sup>-</sup> 产生速率不同。藜麦品种 L-2 幼苗叶片 MDA 含量和 O<sub>2</sub><sup>-</sup> 产生速率

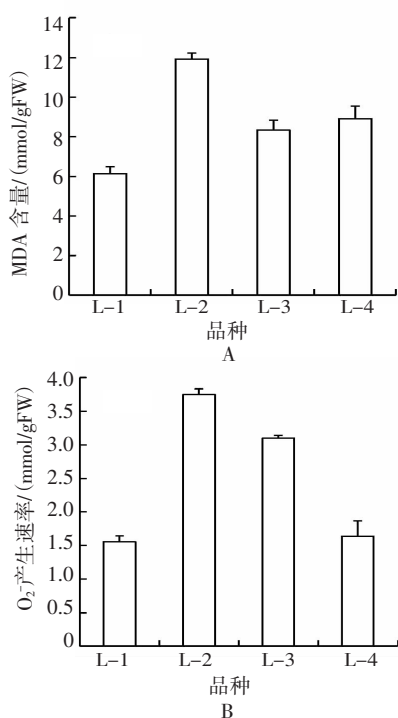


图 2 藜麦在陇东旱作区幼苗叶片中 MDA 含量和 O<sub>2</sub><sup>-</sup> 产生速率

均为最高，较其余 3 个品种分别高 48.59%、30.11%、25.29%和 40.83%、17.38%、56.32%，L-1 含量最低。说明藜麦品种 L-1 在陇东旱作区适应性优于其他品种。

### 2.4 幼苗叶片抗氧化酶活性

由图 3 可知，陇东旱作区种植的不同藜麦品种，其幼苗叶片中的 SOD、POD、CAT 和 APX 活性不同。L-1 幼苗叶片中 4 种抗氧化酶活性最高，其中 SOD 活性较其余 3 个品种分别高 300.62%、251.67%、47.52%，POD 活性较其余 3 个品种分别高 81.32%、122.88%和 72.55%，CAT 活性较其余 3 个品种分别高 125.04%、141.91%、77.88%，

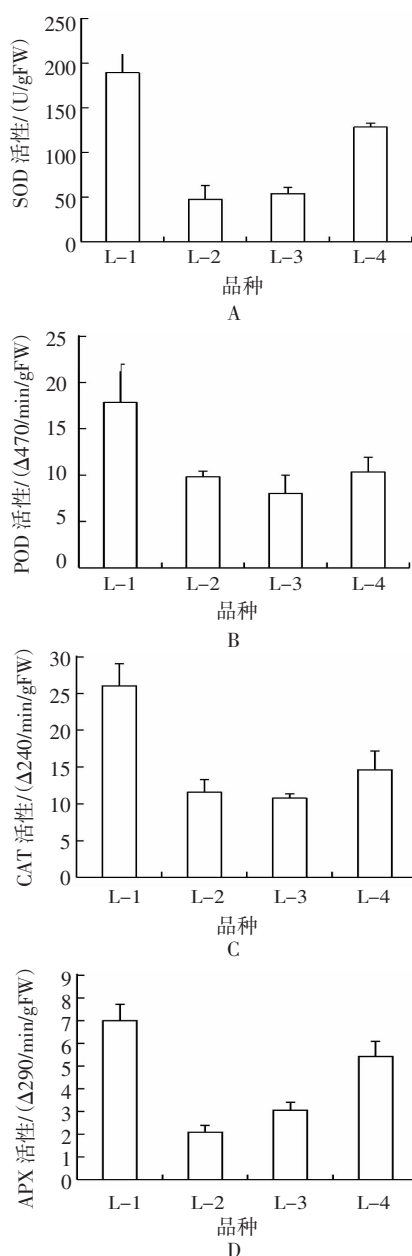


图 3 藜麦在陇东旱作区幼苗叶片中抗氧化酶活性

APX 活性较其余 3 个品种分别高 233.33%、128.26%、28.83%；L-4 幼苗叶片 4 种抗氧化酶活性次之；L-2 幼苗叶片 SOD 和 APX 活性最低，L-3 幼苗叶片中 POD 和 CAT 活性最低。说明藜麦品种 L-1 在陇东旱作区适应性最强。

### 3 小结与讨论

植物根系是吸收水分、养分及合成多种生理活性物质的重要器官，植物根系的生长发育状况直接影响其生长与产量的形成<sup>[13]</sup>。近年来有专家认为，植株鲜重、株高和根长可衡量作物资源苗期的抗旱能力<sup>[14]</sup>。李志萍等<sup>[15]</sup>研究发现干旱胁迫可以促进栓皮栋幼苗根的生长。本研究结果表明，在陇东旱作区种植的藜麦，其幼苗根长均有不同程度的生长，其中陇藜 1 号幼苗的根长最长。

水分胁迫下植物体内积累各种有机物质可提高细胞液浓度，渗透势下降，使植物生理过程正常进行<sup>[15]</sup>。可溶性糖和脯氨酸在植物抗旱渗透调节中起着关键作用。李巧娟等<sup>[16]</sup>研究表明，水分胁迫下荷叶铁线蕨和扇叶铁线蕨幼苗叶片可溶性糖和脯氨酸含量显著增加。本研究发现，不同品种藜麦在陇东旱作区种植后，其幼苗叶片可溶性糖和脯氨酸含量不同，其中陇藜 1 号最高，说明陇藜 1 号抗旱性优于其它 3 个品种。

MDA 是具有细胞毒性的物质，能与膜结构上的蛋白质和酶结合、交联而使之失去活性，从而破坏膜结构<sup>[17-18]</sup>。干旱胁迫应激产生抗氧化作用的酶可清除自由基，减轻细胞膜伤害，增强品种抗旱能力<sup>[19]</sup>。本研究中，陇东旱作区种植的藜麦不同品种，其幼苗叶片 MDA 含量和抗氧化酶活性均不同，其中以品种陇藜 1 号的 MDA 含量最低，抗氧化酶活性最高，说明陇藜 1 号的抗旱能力最强。

从 4 个藜麦品种在甘肃省陇东旱作区种植，其幼苗株高、根长、生物量、叶绿素、可溶性糖、脯氨酸和 MDA 含量及抗氧化酶活性综合分析，以品种陇藜 1 号适应性表现最为优异。

### 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] 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.
- [4] 杨发荣, 黄杰, 魏玉明, 等. 藜麦生物学特性及应用[J]. 草业科学, 2017, 34(3): 607-613.
- [5] 黄杰, 杨发荣. 藜麦在甘肃的研发现状及前景[J]. 甘肃农业科技, 2015(1): 49-52.
- [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: 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.* Sperminepre treatment 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] 凌敏, 杨秀莲, 王良桂. PEG 模拟干旱胁迫对巨紫荆种子萌发及生长生理的影响[J]. 南京林业大学学报: 自然科学版, 2015, 39(4): 168-172.
- [14] 宋鑫玲, 夏尊民, 高树仁, 等. PEG 模拟干旱胁迫下亚麻幼苗生长量及生理指标研究[J]. 黑龙江科学, 2014, 5(3): 8-11; 15.
- [15] 李志萍, 张文辉, 崔豫川. PEG 模拟干旱胁迫对栓皮栋种子萌发及生长生理的影响[J]. 西北植物学报, 2013, 33(10): 2043-2049.
- [16] 李巧娟, 钟倩云, 邵莉, 等. PEG 对 2 种蕨类叶原体抗旱生理特性的影响[J]. 中国农学通报, 2014, 30 (22): 155-160.
- [17] 张勇峰, 殷波. 混合盐碱胁迫对苗期紫花苜蓿抗氧化酶活性及丙二醛含量的影响[J]. 草业学报, 2009, 18(1): 46-50.
- [18] 郭郁频, 米福贵, 闫利军, 等. 不同早熟禾品种对于干旱胁迫的生理响应及抗旱性评价[J]. 草业学报, 2014, 23(4): 220-228.
- [19] 王林红, 乔潇, 乔亚科, 等. PEG 模拟干旱胁迫对不同类型大豆的生理生化影响[J]. 大豆科学, 2014, 33(3): 370-373.

(本文责编: 杨杰)