

## 干旱胁迫对 2 种野生地被植物生理生化指标的影响

党 勒, 侯燕子, 方 婷, 白晓霞, 张 静

(榆林学院 生命科学学院, 陕西 榆林 719000)

**摘 要:**以野大豆(*Glycinesoja*)、沙葱(*Alliummongolicum*)为试验试材,采用梯度试验法对 2 种野生地被植物进行不同程度的干旱处理,测定不同处理下植物的生理生化指标。结果表明:2 种植物的叶绿素含量均随着干旱天数的增加呈现先升高后下降的趋势,且 2 种植物的叶绿素含量在干旱处理 5 d 达到最大值,表明干旱胁迫下,2 种植物的光合水平较为持久;2 种植物的叶片相对含水量均随着干旱天数的增加呈现下降趋势,沙葱下降幅度小于野大豆,表明沙葱保水能力强;2 种植物的可溶性糖含量均随着干旱天数的增加呈上升趋势,其中沙葱的可溶性糖含量在干旱 15 d 时达到最大值(40.85 mg/g);随着干旱天数的增加,野大豆丙二醛含量呈上升趋势,沙葱丙二醛含量呈现先升高后下降趋势,在干旱处理 15d 达到最大值(121.87 nmol/g),沙葱较野大豆丙二醛含量增幅较小。

**关键词:**野大豆;沙葱;干旱胁迫;生理生化指标;抗旱机制

**中图分类号:**S533 **文献标识码:**A **文章编号:**0488-5368(2026)02-0030-05

### Effects of Drought Stress on Physiological and Biochemical Indices of Two Wild Groundcover Plants

DANG Le, HOU Yanzi, FANG Ting, BAI Xiaoxia, ZHANG Jing

(College of Life Science, Yulin University, Yulin, Shaanxi 719000, China)

**Abstract:** To investigate the responses of wild groundcover plants to drought stress, *Glycine soja* and *Allium mongolicum* were used as experimental materials and subjected to different levels of drought stress in a gradient design. Physiological and biochemical indices were measured under each treatment to evaluate drought resistance characteristics. The results showed that chlorophyll contents in both species increased at first and then decreased as drought duration increased. The maximum values occurred after 5 days of drought stress, indicating that photosynthetic activity was maintained at a relatively stable level during the early stage of drought stress. Relative leaf water content in both species declined progressively as drought stress intensified. However, the decrease in *A. mongolicum* was smaller than that observed in *G. soja*, suggesting a stronger water retention capacity in *A. mongolicum*. Soluble sugar contents in both species increased continuously with prolonged drought stress, and the soluble sugar content of *A. mongolicum* reached a maximum value of 40.85 mg/g after 15 days of drought treatment. With increasing drought duration, malondialdehyde (MDA) content in *G. soja* showed a continuous increase, whereas MDA content in *A. mongolicum* increased initially and then decreased, reaching a peak value of 121.87 nmol/g on the 15th day of drought stress. Overall, the magnitude of MDA accumulation in *A. mongolicum* was lower than that in *G. soja*, indicating less membrane lipid peroxidation damage under drought conditions. These results demonstrate that *A. mongolicum* exhibits stronger drought resistance than *G. soja*, primarily due to its greater water retention capacity and enhanced physiological regulation under drought stress.

收稿日期:2025-02-15 修回日期:2025-04-25

第一作者简介:党勒(2003-),研究方向为园林植物与植物应用。

通信作者:张静。

**Key words:** *Glycine soja*; *Allium mongolicum*; Drought stress; Physiological and biochemical indices; Drought resistance mechanism

水分是植物生存及生长发育的主要因子,干旱胁迫不仅会限制植物应用种类,还会对植物的生理过程和生长产量造成极大的影响<sup>[1]</sup>。当干旱胁迫发生后,植物生长受抑、形态结构发生变化,生物量随土壤含水量的减少呈下降趋势。叶片作为高等植物光合作用的活动中心,是反映植物抗旱能力的重要器官<sup>[2]</sup>。植物叶片相对含水量是表征植物叶片持水能力的有效指标,较高的叶片相对含水量是植物进行光合作用的基本保障<sup>[3]</sup>。研究表明,干旱胁迫会造成植物体损伤,不仅引起气孔关闭、叶片萎蔫、叶片解剖结构发生变化,还会通过活性氧的大量积累造成膜结构变化、影响叶绿素和渗透调节物质含量<sup>[4]</sup>。因此,研究干旱胁迫下植物的生理过程和渗透调节物质含量变化,是了解植物适应干旱机制的重要基础。

野生地被植物不仅适应力强、抗逆性好、耐粗放管理,而且具有覆盖和保护地表、涵养水源等生态功能。野大豆(*Glycinesoja*)、沙葱(*Alliummongolicum*)是中国西北干旱区特有的 2 种野生地被<sup>[5,6]</sup>,具有较高的营养价值、药用价值,且 2 种植物观赏价值高。目前对 2 种植物的研究主要集中在以下几个方面:盐胁迫对野大豆幼苗活性氧代谢以及生长和离子分布的影响、野大豆的遗传多样性研究、野生大豆与栽培大豆的抗旱性能比较、沙葱的成分以及抗旱性研究等方面<sup>[7-12]</sup>,鲜见对 2 种植物抗旱生理的比较研究。

本研究以野大豆、沙葱 2 种野生乡土地被植物为材料,通过不同的干旱胁迫处理,研究 2 种植物的生理生化指标变化,以期为今后的栽培应用和抗旱育种提供基础数据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验地概况

试验地位于榆林学院生命科学学院花卉实训基地,地理位置为北纬 36°57',东经 109°28',海拔 1 189 m。气候条件为温带半干旱大陆性季风气候,无霜期 150 d,年平均气温 10.7 °C,年平均降雨量为 400 mm 左右,以沙壤土为主,地表土壤结构疏松、保水性差、土壤肥力偏低<sup>[13]</sup>。

### 1.2 试验材料及处理

试验于 2020 年 4~6 月在榆林学院花卉实训

基地进行。田间栽培试验采用随机区组试验设计,供试材料为野大豆(*Glycinesoja*)、沙葱(*Alliummongolicum*)。4 月份,选取花卉基地已经育好的一年生苗木移栽到试验区内,试验区总面积为 24 m<sup>2</sup>,共分为 12 个小区,每个小区 2 m<sup>2</sup>,每个品种设置 4 个重复,栽植株行距为 20 cm。移栽完成后立即浇灌定根水,并采取适当措施降低光照强度,每天中午对苗木进行棚膜遮荫处理,每 4 天浇一次水,经过 15 d 的缓苗期,对植株施加适量肥料,以促使苗木的根系下扎和茎叶的生长,之后对苗木进行正常的栽培管理,每 5 天浇一次水。5 月下旬,开始对苗木实施持续自然干旱处理,以正常栽培管理组为对照(CK),于 6 月 5 日、6 月 10 日、6 月 15 日、6 月 20 日上午 9:00 进行取样,每组随机选取 10 株植物的中上部新鲜叶片,放入已编号的自封袋,放入 0~4 °C 冰箱后迅速运回实验室测定各项指标。

### 1.3 指标测定

在 BDS200 倒置生物显微镜下,观察三种植物的表皮毛和气孔数,最后进行显微拍照。叶绿素含量(Chl)的测定采用体积分数 80%丙酮提取法<sup>[14]</sup>,在 722S 分光光度计下,测定其在 645 nm、663 nm 处的吸光值。叶片相对含水量(RWC)的测定采用烘干称重法<sup>[15]</sup>。丙二醛含量(MDA)的测定用双组分分光光度计法<sup>[16]</sup>。可溶性糖含量(WSC)的测定采用苯酚法<sup>[17]</sup>,在紫外分光光度计下,测定其在 485 nm 处的吸光值,制作标准曲线为  $y = 0.00574x + 0.0433$ 。以上测定均重复 3 次取平均值。

### 1.4 数据处理

试验所得数据均采用 Excel2018 和 SPSS23.0 软件对各项指标进行差异显著性分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 干旱胁迫对 2 种植物叶绿素含量的影响

叶绿素含量是反映植物光合能力的重要指标。植物在受到干旱胁迫时,叶绿素降解加速,导致植物光合作用下降<sup>[18]</sup>。如图 1 所示,沙葱与野大豆的叶绿素含量均随着干旱天数的增加呈现先升高后下降的变化趋势。与对照相比,干旱处理 5 d、10 d 沙葱的叶绿素含量分别升高了 15.74% 和 8.33%,干旱处理 15 d、20 d 叶绿素含量分别下降

了 31.48%、46.30%。在干旱胁迫第 5 天,野大豆的叶绿素含量达到最大值(5.68 mg/g),之后随着干旱天数的增加,叶绿素含量持续下降,与对照相比,5 d、10 d 的叶绿素含量分别增加了 22.94%、17.97%,干旱处理 15 d、20 d,叶绿素含量分别下降了 5.41%和 34.63%。

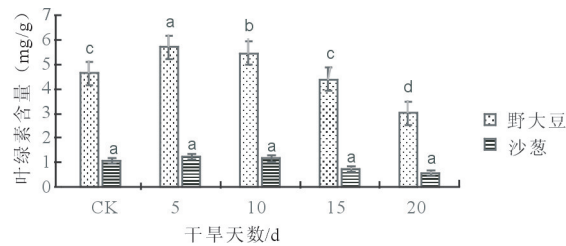


图 1 干旱胁迫下 2 种植物叶绿素含量

## 2.2 干旱胁迫下 2 种植物的叶片相对含水量

叶片相对含水量是反映植物水分状况的生理指标,既能间接地反映植物生长代谢状况,又是反映其抗旱能力的有效指标。随着干旱程度的加剧,土壤含水量降低,植物叶片的含水量表现出下降的趋势<sup>[19]</sup>。在干旱胁迫下,叶片相对含水量高,表明植物有较强的保水能力。由图 2 知,野大豆和沙葱的叶片相对含水量均随着干旱天数的增加,呈现下降趋势,与对照相比,野大豆在干旱处理 20 d 的叶片相对含水量降低了 27.62%,沙葱在干旱处理 20 d 的叶片相对含水量降低了 21.94%,表明沙葱的保水能力较强。

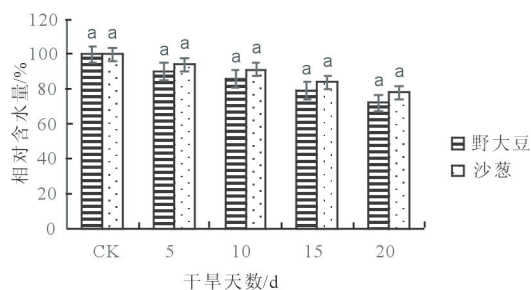


图 2 干旱胁迫下 2 种植物叶片相对含水量

## 2.3 干旱胁迫下 2 种植物可溶性糖含量分析

可溶性糖是植物体内重要的渗透调节物质,当植物遭受干旱胁迫时,体内可溶性糖含量会大量增加<sup>[20]</sup>,这是植物适应干旱胁迫的生理性表现。由图 3 可知,野大豆和沙葱体内的可溶性糖含量均随着干旱天数的增加呈上升趋势,其中沙葱的可溶性糖含量在干旱 15d 时达到最大值(40.85 mg/g),比 CK、5 d、10 d、20 d 分别增加了 169.28%、74.72%、20.89%、10.32%。野大豆可溶性含糖量在干旱 20 d 时达到最大值(35.67 mg/g),比 CK、5 d、10 d、15

d 分别增加了 57.34%、44.47%、27.21%、10.74%,结果表明,沙葱比野大豆表现出更强的渗透调节能力。

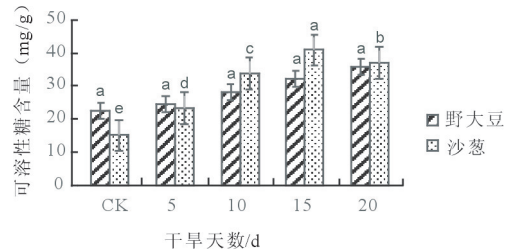


图 3 干旱胁迫下 2 种植物的可溶性糖含量变化

## 2.4 干旱胁迫下 2 种植物丙二醛含量分析

丙二醛(MDA)是细胞膜质过氧化作用的主要产物之一,其含量的多少在一定程度上可反映出植物遭受逆境伤害的程度<sup>[21,22]</sup>。研究表明(图 4),野大豆在不同程度的干旱条件下,MDA 含量呈上升趋势,与对照相比,分别增加了 13.72%、61.96%、77.17%、107.61%。沙葱 MDA 含量随着干旱天数的增加呈现先升高后下降趋势,在干旱处理 15 d 达到最大值(121.87 nmol/g),在干旱处理 20 d 含量下降,表明沙葱生物代谢受到了一定程度的影响,MDA 的形成受到了抑制。与对照相比,沙葱 MDA 含量分别增加了 3.88%、31.17%、53.53%、9.69%,增幅较小,表明沙葱较野大豆更抗旱。

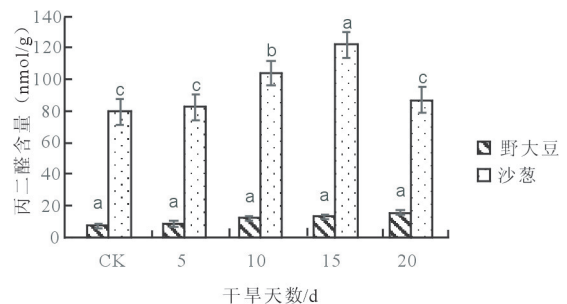


图 4 干旱胁迫下 2 种植物的丙二醛含量变化

## 3 讨论与结论

叶是植物应对逆境胁迫最敏感的部位。旱生植物通常叶片小又厚,角质层发达,常有各种表皮毛,气孔下陷<sup>[23]</sup>。干旱胁迫时,气孔关闭,可以减少叶片的蒸腾作用,维持叶片的水分平衡。由图 5 可知,野大豆的气孔数量较多,气孔形状为长椭圆形,具长三角锥似的表皮毛(图 5)。沙葱叶实心,为肉质叶,气孔数量多,无规律镶嵌其中,下陷(图 5)。两种植物均具有一定的抗旱性结构特征。

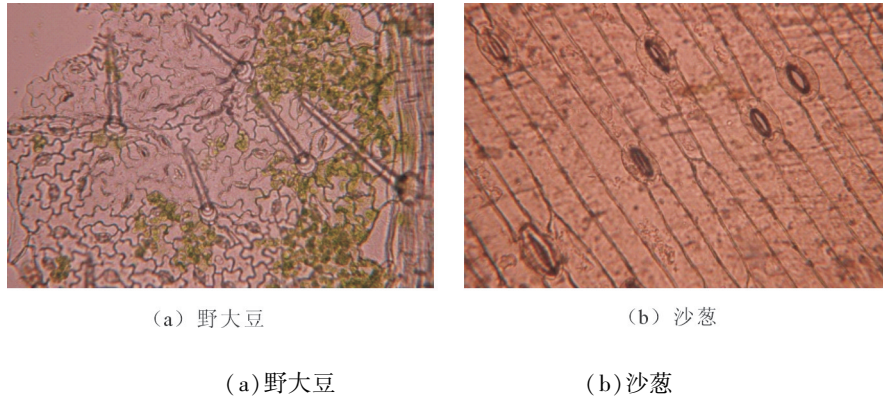


图 5 干旱处理 20 d 2 种植物叶片解剖结构

干旱胁迫对植物光合作用的影响是多方面的,研究表明,可通过叶绿素含量来判断植物的耐干旱能力<sup>[24]</sup>。随着干旱天数的增加,野大豆和沙葱的叶绿素含量均表现出先升高后下降的趋势,不同于卢琼琼、赵天宏<sup>[25,26]</sup>等人提出的植物在受到干旱胁迫时叶绿素含量下降的结论,也不同于徐艳平等人的研究结果:野大豆的叶绿素含量随着干旱天数的增加而增加<sup>[24]</sup>。本试验中,野大豆的叶绿素含量随干旱天数发生的变化趋势有待进一步研究。沙葱的叶绿素含量在干旱处理 5 d 达到最大值,之后随着干旱天数的增加而下降,出现该结果的原因,主要考虑干旱处理 5 d 的时间点恰逢沙葱的抽薹期,该结果与唐式敏<sup>[27]</sup>的研究较为吻合,沙葱在完全抽薹期(6 月 8 日)叶绿素含量出现一个峰值,随后逐渐降低。

相比较而言,沙葱在干旱胁迫下表现出更强的保水能力,其叶片相对含水量下降幅度显著低于野大豆。这一差异可能与二者的形态解剖特征密切相关:沙葱具有的肉质叶、气孔下陷及表皮蜡质等特征可有效减少蒸腾失水,而野大豆的薄叶结构及密集表皮毛虽能反射部分光强,但水分保持能力相对有限。这与杨鹏辉等<sup>[28]</sup>提出的旱生植物水力结构与功能协同理论一致,即肉质化组织常常通过细胞储水与角质层增厚来实现水分的高效留存。此外,沙葱 MDA 积累较低,进一步表明在干旱胁迫下,沙葱细胞膜系统稳定性更强,这可能是由于沙葱能够快速激活活性氧清除系统<sup>[21]</sup>。

干旱胁迫下,沙葱的可溶性糖含量增幅显著高于野大豆,这表明沙葱的渗透调节能力更为突出。可溶性糖作为一种相容性溶质,在植物维持细胞渗透势方面发挥着重要的作用,它可通过降低细胞渗透势来促进水分吸收,同时也可为逆境信号传导提供能量<sup>[29]</sup>。另外,沙葱在干旱 15 d 时可溶性糖含

量达到峰值,而野大豆则在 20 d 才出现最大值,这可能反映了两种植物在应对干旱时,存在时序差异:沙葱通过快速积累渗透物质,实现了短期抗旱,而野大豆则需要依赖更持久的代谢调整来应对干旱胁迫。这一发现与彭磊等<sup>[30]</sup>人的研究一致,表明短周期胁迫响应型植物与长周期耐受型植物的调节策略存在差异性。

野大豆 MDA 含量的持续上升,表明其膜脂过氧化程度随着干旱天数的增加而增加,细胞完整性受损,导致代谢紊乱。而沙葱 MDA 含量在 15 d 达到最大值,之后下降,表明沙葱在胁迫后期可能启动了修复机制:一方面,脯氨酸等抗氧化物质的积累中和了部分活性氧<sup>[28]</sup>;另一方面,气孔关闭与 CAM 代谢的诱导作用可能降低了光抑制损伤<sup>[32]</sup>。这一“损伤-修复”的动态过程与马全林<sup>[22]</sup>提出的避旱性植物特征相符,即植物通过代谢重编程来延缓不可逆损伤,而非单纯依赖结构抗性,表明沙葱并非典型的耐旱型植物,而是避旱性植物,这一结论需要通过测定脯氨酸等其他指标来做进一步的验证。

干旱胁迫下,2 种西北野生地被植物的叶绿素含量和叶片相对含水量与对照相比均显著下降,可溶性糖含量和丙二醛含量均显著下降。在一定的干旱胁迫范围内,2 种植物的光合水平平均较为持久,且沙葱叶片的膜脂过氧化程度较小、能保持相对稳定性,但随着干旱天数的增加,沙葱表现出较强的保水能力和渗透调节能力。

#### 参 考 文 献:

- [1] 秦立刚,李雪,李韦瑶,等. PEG 干旱胁迫对 3 种葱属植物种子萌发期渗透调节物质及酶活性的影响[J]. 草地学报, 2021, 29(1): 72-79.
- [2] 赵天宏,沈秀璇,杨德光,等. 水分胁迫及复水对玉米

- 叶片叶绿素含量和光合作用的影响[J]. 杂粮作物, 2003, 23(1): 33-35.
- [3] 杨鹏辉, 李贵全, 郭丽, 等. 干旱胁迫对不同抗旱大豆品种花荚期质膜透性的影响[J]. 干旱地区农业研究, 2003(3): 127-130.
- [4] 徐艳平, 胡翠美, 张文会, 等. 干旱胁迫对野生大豆幼苗光合作用相关指标的影响[J]. 大豆科学, 2013, 32(3): 341-344.
- [5] 刘翠英. 毛乌素沙地野生观赏植物资源及开发利用研究[J]. 西北林学院学报, 2006, 21(4): 158-161.
- [6] 王晓荣. 榆林地区野生乡土地被植物资源及其应用评价[J]. 陕西农业科学, 2009(3): 102-105.
- [7] 魏志园, 王宇, 司增志, 等. 盐碱胁迫下野生大豆 CBL-CIPK 通路表达分析[J]. 核农学报, 2021, 35(8): 1 783-1 793.
- [8] 齐广勋, 王英男, 袁翠平, 等. 基于 SSR 标记的不同地理生态型野生大豆遗传多样性分析[J]. 大豆科学, 2021, 40(3): 334-343.
- [9] 王研, 贾博为, 孙明哲, 等. 野生大豆耐逆分子调控机制研究进展[J]. 植物学报, 2021, 56(1): 104-115.
- [10] 张秀玲, 孙颖, 孟岩, 等. 干旱胁迫下外源水杨酸对野生大豆生理特性的影响[J]. 中国野生植物资源, 2022, 41(1): 9-12+19.
- [11] 王国泽, 高宁, 崔秀琦, 等. 内蒙古地区沙生野生蔬菜沙葱耐旱生理特性研究[J]. 北方园艺, 2015(3): 16-19.
- [12] 赵金花, 李青丰. 内蒙古荒漠草原三种野生葱属植物解剖结构的抗旱性分析[J]. 内蒙古大学学报(自然科学版), 2010, 41(2): 201-205.
- [13] 白晓霞, 艾海舰. 榆林沙地樟子松人工林土壤养分变化特征[J]. 西部林业科学, 2020, 49(3): 80-85.
- [14] 张志良, 瞿韦菁, 李小方. 植物生理学实验指导(第二版)[M]. 北京: 高等教育出版社, 2009: 2-30.
- [15] 张雨斯. 内蒙古荒漠草原 C3、C4 植物叶绿素含量、叶绿素荧光参数特征分析[D]. 呼和浩特: 内蒙古师范大学, 2021.
- [16] 张美云, 钱吉, 郑师章. 渗透胁迫下野生大豆游离脯氨酸和可溶性糖的变化[J]. 复旦学报(自然科学版), 2001(5): 558-561.
- [17] 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, 2004: 67-69.
- [18] 蒲伟凤, 李桂兰, 张敏, 等. 干旱胁迫对野生和栽培大豆根系特征及生理指标的影响[J]. 大豆科学, 2010, 29(4): 615-622.
- [19] 李云霞, 张建生, 吴永华, 等. 5 种景天科地被植物抗旱性比较研究[J]. 干旱区资源与环境, 2010, 24(2): 183-186.
- [20] 费蓉蓉. 三种地被植物抗旱性初步研究[D]. 哈尔滨: 东北林业大学, 2007.
- [21] 马光, 郭继平, 魏淑珍, 等. 干旱胁迫下野生大豆和栽培大豆生理特性比较[J]. 大豆科学, 2011, 30(6): 1 057-1 059.
- [22] 马全林, 刘世增, 严子柱, 等. 沙葱的抗旱性特征[J]. 草业科学, 2008(6): 56-61.
- [23] 严子柱, 满多清, 李得禄. 沙葱 (*Allium mongolicum*) 解剖结构与抗旱性[J]. 中国沙漠, 2015, 35(4): 890-894.
- [24] 徐艳平, 胡翠美, 张文会, 等. 干旱胁迫对野生大豆幼苗光合作用相关指标的影响[J]. 大豆科学, 2013, 32(3): 341-344.
- [25] 卢琼琼, 宋新山, 严登华. 干旱胁迫对大豆苗期光合生理特性的影响[J]. 中国农学通报, 2012, 28(9): 42-47.
- [26] 赵天宏, 沈秀琪, 杨德光, 等. 水分胁迫及复水对玉米叶片叶绿素含量和光合作用的影响[J]. 杂粮作物, 2003, 23(1): 33-35.
- [27] 唐式敏. 蒙古韭主要生物学特性及生理基础的研究[D]. 乌鲁木齐: 新疆农业大学, 2010.
- [28] 杨鹏辉, 李贵全, 郭丽, 等. 干旱胁迫对不同抗旱大豆品种花荚期质膜透性的影响[J]. 干旱地区农业研究, 2003(3): 127-130.
- [29] 冒吉荣, 曾岩, 徐馨妤, 等. 干旱胁迫及复水对油松渗透调节物质及水力功能的影响[J]. 应用生态学报, 2024, 35(11): 2 959-2 965.
- [30] 彭磊, 张力, 周小龙, 等. 水分胁迫对新疆准东地区钠猪毛菜的生活史对策的影响[J]. 草业学报, 2021, 30(5): 65-74.
- [31] 史宏, 刘学义. 野生大豆抗旱性鉴定及研究[J]. 大豆科学, 2003(4): 264-268.