

ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

生态学报

Acta Ecologica Sinica



第31卷 第9期 Vol.31 No.9 **2011**

中国生态学会
中国科学院生态环境研究中心
科学出版社

主办
出版



中国科学院科学出版基金资助出版

生态学报

(SHENGTAI XUEBAO)

第 31 卷 第 9 期

2011 年 5 月 (半月刊)

目 次

EAM 会议专刊述评——气候变化下旱区农业生态系统的可持续性	李凤民, Kadambot H. M Siddique, Neil C Turner, 等 (I)
第二届生态系统评估与管理(EAM)国际会议综述	李朴芳, 赵旭喆, 程正国, 等 (2349)
应对全球气候变化的干旱农业生态系统研究——第二届 EAM 国际会议青年学者论坛综述	赵旭喆, 李朴芳, Kadambot H. M Siddique, 等 (2356)
微集雨模式与降雨变律对燕麦大田水生态过程的影响	强生才, 张恒嘉, 莫非, 等 (2365)
黑河中游春小麦需水量空间分布	王 瑶, 赵传燕, 田风霞, 等 (2374)
祁连山区青海云杉林蒸腾耗水估算	田风霞, 赵传燕, 冯兆东 (2383)
甘肃小陇山不同针叶林凋落物量、养分储量及持水特性	常雅军, 陈 琦, 曹 靖, 等 (2392)
灌水频率对河西走廊绿洲菊芋生活史对策及产量形成的影响	张恒嘉, 黄高宝, 杨 斌 (2401)
玛纳斯河流域水资源可持续利用评价方法	杨 广, 何新林, 李俊峰, 等 (2407)
西北旱寒区地理、地形因素与降雨量及平均温度的相关性——以甘肃省为例	杨 森, 孙国钧, 何文莹, 等 (2414)
黑河河岸植被与环境因子间的相互作用	许莎莎, 孙国钧, 刘慧明, 等 (2421)
干旱胁迫对高山柳和沙棘幼苗光合生理特征的影响	蔡海霞, 吴福忠, 杨万勤 (2430)
树锦鸡儿、柠条锦鸡儿、小叶锦鸡儿和鹰嘴豆干旱适应能力比较	方向文, 李凤民, 张海娜, 等 (2437)
胡杨异形叶绿素荧光特性对高温的响应	王海珍, 韩 路, 徐雅丽, 等 (2444)
柠条平茬处理后不同组织游离氨基酸含量	张海娜, 方向文, 蒋志荣, 等 (2454)
玛河流域扇缘带盐穗木土壤速效养分的“肥岛”特征	涂锦娜, 熊友才, 张 霞, 等 (2461)
摩西球囊霉对三叶鬼针草保护酶活性的影响	宋会兴, 钟章成, 杨万勤, 等 (2471)
燕麦属不同倍性种质资源抗旱性状评价及筛选	彭远英, 颜红海, 郭来春, 等 (2478)
光周期对燕麦生育时期和穗分化的影响	赵宝平, 张 娜, 任长忠, 等 (2492)
水肥条件对新老两个春小麦品种竞争能力和产量关系的影响	杜京旗, 魏盼盼, 袁自强, 等 (2501)
猪场沼液对蔬菜病原菌的抑制作用	尚 斌, 陈永杏, 陶秀萍, 等 (2509)
不同夏季填闲作物种植对设施菜地土壤无机氮残留和淋洗的影响	王芝义, 郭瑞英, 李凤民 (2516)
不同群体结构夏玉米灌浆期光合特征和产量变化	卫 丽, 熊友才, Baoluo Ma, 等 (2524)
脱硫废弃物对碱胁迫下油菜幼叶细胞钙分布及 Ca^{2+} -ATPase 活性的影响	毛桂莲, 许 兴, 郑国琦, 等 (2532)
过去 30a 玛纳斯河流域生态安全格局与农业生产力演变	王月健, 徐海量, 王 成, 等 (2539)
基于 RS 和转移矩阵的泾河流域生态承载力时空动态评价	岳东霞, 杜 军, 刘俊艳, 等 (2550)
毛乌素沙地农牧生态系统能值分析与耦合关系	胡兵辉, 廖允成 (2559)
民勤绿洲农田生态系统服务价值变化及其影响因子的回归分析	岳东霞, 杜 军, 巩 杰, 等 (2567)
青岛市城市绿地生态系统的环境净化服务价值	张绪良, 徐宗军, 张朝晖, 等 (2576)
基于 3S 技术的祖厉河流域农村人均纯收入空间相关性分析	许宝泉, 施为群 (2585)
专论与综述	
全球变化下植物物候研究的关键问题	莫非, 赵 鸿, 王建永, 等 (2593)
区域气候变化统计降尺度研究进展	朱宏伟, 杨 森, 赵旭喆, 等 (2602)
干旱胁迫下植物根源化学信号研究进展	李冀南, 李朴芳, 孔海燕, 等 (2610)
山黧豆毒素 ODAP 的生物合成及与抗逆性关系研究进展	张大伟, 邢更妹, 熊友才, 等 (2621)
旱地小麦理想株型研究进展	李朴芳, 程正国, 赵 鸿, 等 (2631)
小麦干旱诱导蛋白及相关基因研究进展	张小丰, 孔海燕, 李朴芳, 等 (2641)

期刊基本参数: CN 11-2031/Q * 1981 * m * 16 * 306 * zh * P * ¥ 70.00 * 1510 * 35 * 2011-05



封面图说: 覆膜-垄作燕麦种植——反映了雨水高效利用和农田水生态过程的优化(详见强生才 P2365)。

彩图提供: 兰州大学干旱与草地生态教育部重点实验室莫非 E-mail: mofei371@163.com

树锦鸡儿、柠条锦鸡儿、小叶锦鸡儿和 鹰嘴豆干旱适应能力比较

方向文¹, 李凤民^{1,*}, 张海娜², 蒋志荣^{2,3}

(1. 兰州大学 干旱与草地生态教育部重点实验室, 甘肃 兰州 730000; 2. 甘肃农业大学 林学院, 甘肃 兰州 730070;
3. 甘肃农村发展研究院, 甘肃 兰州 730070)

摘要:对1年生豆科作物鹰嘴豆 Rupali 品种和 Almaz 品种以及多年生植物树锦鸡儿、柠条锦鸡儿和小叶锦鸡儿叶相对含水量和叶水势对逐渐干旱胁迫的响应进行了分析, 比较了两类植物的干旱适应能力。结果表明鹰嘴豆叶相对含水量随叶水势的下降线性下降, 树锦鸡儿、柠条锦鸡儿和小叶锦鸡儿叶相对含水量在叶水势分别下降到-2.4 MPa、-2.5 MPa 和-1.5 MPa 之前没有下降, 之后随水势的下降线性下降。树锦鸡儿、柠条锦鸡儿和小叶锦鸡儿这种叶相对含水量下降的滞后性表明该类植物叶具有较硬而弹性较差的细胞壁, 使得植物在干旱胁迫下叶具有良好的保水能力。鹰嘴豆叶具有的最低水势为-4.5 MPa, 对应的土壤相对含水量为14%, 锦鸡儿植物叶具有的最低水势可达-6.7 MPa, 对应的土壤相对含水量为6%, 说明锦鸡儿植物比鹰嘴豆具有更好的干旱适应能力, 这种能力可能取决于锦鸡儿植物体内大量渗透调节物质的累积。

关键词:树锦鸡儿; 柠条锦鸡儿; 小叶锦鸡儿; 鹰嘴豆; 干旱适应; 叶水势; 叶相对含水量

The comparison of drought resistance between *Caragana species* (*Caragana arborescens*, *C. korshinskii*, *C. microphylla*) and two chickpea (*Cicer arietinum* L.) cultivars

FANG Xiangwen¹, LI Fengmin^{1,*}, ZHANG Haina², JIANG Zhirong^{2,3}

¹ Key Laboratory of Arid and Grassland Agroecology at Lanzhou University, Ministry of Education, Lanzhou 730000, China

² Forestry College of Gansu Agricultural University, Lanzhou 730070, China

³ Gansu Rural Development Research Institute, Lanzhou 730070, China

Abstract: Water stress is the main environmental factor limiting plant productivity, especially in arid and semi-arid areas. Within limits, plants adapt to water stress through physiological and morphological adaptations, and leaf water potential (LWP) and leaf relative water content (RWC) are widely used to determine plant water status. Several studies have demonstrated the relationship between RWC and LWP to quantify the dehydration tolerance of tissues: tissues which maintain a high RWC as LWP decreases are more tolerant to dehydration. *Caragana arborescens*, *C. korshinskii*, *C. microphylla*, deciduous shrubs, commonly found in desert and semi-desert zones, northwestern China, and have important ecological and economic values; including playing a key role in vegetation succession from shifting sand dune to sandy grassland, helping to restore degraded land and serving as supplemental forage for livestock. Chickpea (*Cicer arietinum* L.), annual legume crop, is also considered one of the most drought-tolerant cool season food legumes in these areas. In the present study, predawn LWP and RWC were measured in *C. arborescens*, *C. korshinskii*, *C. microphylla* and two chickpea cultivars, a desi type, cv. Rupali, and a kabuli type, cv. Almaz, when subjected to water deficit in the glasshouse. For each species, 20 plants were randomly designated to one of two treatments: well-watered control (WW)

基金项目:国家自然科学基金(30800124, 31070354); 教育部博士点基金(200807301007); 春晖计划(Z2007-1-62002); 兰州大学中央高校基本科研业务费专项资金资助(lzujbky-2009-37)

收稿日期:2010-11-11; **修订日期:**2011-02-21

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: fml@lzu.edu.cn

and water-stressed (WS). The WS treatment was imposed by cessation of watering and WW plants were watered every 2—3 days to maintain the soil water content (SWC) above 80% field capacity. RWC and LWP were measured at 2—3 day interval. The results showed that RWC in chickpea decreased with declining LWP and had significant linear relationship with LWP. However, in *C. arborescens*, *C. korshinskii* and *C. microphyll*, RWC did not decreased (maintaining a steady high water content about 100%) until LWP dropped below -2.4 MPa , -2.5 MPa and -1.5 MPa , respectively. After that, RWC decreased with declining LWP and had significant linear relationship with LWP. The results showed that RWC was a good parameter to determine the water status in chickpea, but as far as *C. arborescens*, *C. korshinskii* and *C. microphyll* were concerned, it was not. The maintenance of steady high water content in *C. arborescens*, *C. korshinskii* and *C. microphyll* at the beginning of water-deficit period maybe result from rigid and inelastic leaf cell wall in these species, which would provide the basis for sustaining high pressure potential and enhanced plant drought resistance. LWP(ψ)—RWC(R) relationships of these species were analyzed and the regressive slope of *Caragana* species were slightly lower compared to that of chickpea species, but minimum value of LWP in chickpea species was -4.5 MPa , and the corresponding relative soil water content was 14%, while in *Caragana* species, equivalent values were -6.7 MPa and 6%, respectively. The results indicated that *Caragana* species had stronger ability to resist drought stress than chickpea. A better adaptation to drought in *Caragana* species maybe attribute to accumulation of osmotically-active solutes in plant tissues under water stress.

Key Words: *Caragana arborescens*; *C. korshinskii*; *C. microphyll*; chickpea; predawn leaf water potential (LWP); leaf relative water content (RWC); water deficit

在干旱半干旱地区,水分制约着植物的分布、生长和作物的产量^[1]。随着全球气候变化和淡水资源的日益紧缺,对该地区植物干旱适应能力的研究正日益受到更多的重视^[2]。

干旱胁迫下,植物的水分状况通常通过叶相对含水量和水势来反映。叶相对含水量(Leaf relative water content, RWC)由 Weatherley^[3]提出,是测定植物水分状况非常便捷和有效的指标,测定的植物也包括各种类型,如复苏植物^[4]、木本植物^[5]、作物^[6]、草本植物^[7]等。叶水势(Leaf water potential, LWP)是一个量化指标,能真实反映水分在植物体内运输情况,在确认土壤-植物-大气之间水分流动时更为有效,被广泛引用。众多研究分析了叶相对含水量和叶水势之间的关系,结果表明二者之间具有线性相关性^[5,7]。

多年生豆科灌木树锦鸡儿、柠条锦鸡儿和小叶锦鸡儿在我国干旱荒漠区、半干旱草原区广泛分布,是当地植被的重要组成部分,有较高的生态和经济价值^[8-10]。1年生豆科作物鹰嘴豆在我国干旱半干旱地区,以及澳大利亚地中海气候区同样种植,由于营养价值高,具有良好的生产潜力。本文选择树锦鸡儿、柠条锦鸡儿和小叶锦鸡儿,鹰嘴豆 Rupali 品种和 Almaz 品种为材料,以逐渐干旱为处理,确认随干旱胁迫的加剧,不同类型植物叶相对含水量和叶水势的变化,从而确认:(1)两类植物叶相对含水量和水势对干旱胁迫的响应是否一致;(2)两类植物对干旱的适应能力是否存在差异。

1 材料和方法

锦鸡儿植物干旱胁迫实验在兰州大学榆中校区温室进行($35^{\circ}56'\text{ N}$, $104^{\circ}09'\text{ E}$)。2007年7月,从甘肃省治沙研究所武威治沙站沙生植物园采集树锦鸡儿、柠条锦鸡儿和小叶锦鸡儿种子,2008年3月种子在培养皿中用湿滤纸覆盖发芽,之后移植入于高27cm,上端直径17cm,下端直径12cm,装有3.6kg黄绵土和珍珠岩均匀混合土样的花盆中(土:珍珠岩体积为1:1),每盆3株。1月后间苗,每盆选留一株高度一致,生长健壮的苗子。之后用称重法每隔2—3d对土壤水分平衡一次,使其维持在80%的田间持水量。

2009年6月10日随机选择树锦鸡儿、柠条锦鸡儿和小叶锦鸡儿植物各20株进行干旱处理(对植物不再进行浇水)和对照处理(土壤田间持水量维持在80%)。之后每隔2—3d对每种植物随机选择3株进行叶水势、叶相对含水量和土壤相对含水量的测定。实验期间每株植物采样测定不超过3次。

鹰嘴豆干旱胁迫实验 2008 年 5—10 月在澳大利亚西澳大学温室中进行(31°57' S', 115°47' E)。实验以 Rupali 品种和 Almaz 品种为材料,以高 40cm,直径 15cm 的 PVC 管为容器。每 PVC 管装 12.4kg 农田和黄沙的混合土壤(土:沙体积为 4:1)。每盆施 0.9g KNO_3 、0.85g NH_4NO_3 、1.28g CaNO_3 和 1.89g 过磷酸钙。播种前种子在培养皿中用湿滤纸覆盖萌发,同时接种固氮根瘤菌。2d 后,萌发的种子种植于 PVC 管,每管 4 粒。

当苗子生长高度达 6—7cm 时进行间苗,每盆选留一株高度一致,生长健壮的苗子。之后用称重法每隔 2—3d 对土壤水分平衡一次,使其维持在 80% 的田间持水量。8 月 12 日每种鹰嘴豆随机选择 20 株进行干旱处理(对植物不再进行浇水)和对照处理(土壤田间持水量维持在 80%)。之后每隔 2—3d 对每种植物随机选择 3 株进行叶水势、叶相对含水量和土壤相对含水量的测定。实验期间每株植物采样测定不超过 3 次。

叶水势在 4:30—6:00 根据 Turner^[11] 描述的方法用压力室(Model 1000, PMS Instrument CoPany, Albany, OR, USA)进行测定。测定时选择植物上部完全展开的成熟叶,用锋利的刀片沿叶柄垂直切割,之后去除叶柄基部 6 片小叶,用薄塑料袋对剩余叶片进行包裹后将叶轴插入压力室进行测定。当切口端有气泡冒出,即刻记录压力表显示值。之后对测定水势的植物通过称重来计算土壤相对含水量,并在 7:00—7:30 摘取植株上部完全展开的成熟叶 3—4 片根据 Turner 描述^[11] 的方法测定叶相对含水量。 $RWC = (FW - DW) / (TW - DW) \times 100\%$, FW 为鲜重, DW 为去离子水中静置 6h 后的饱和重, DW 为 70℃ 烘 48 h 后的干重。

2 结果与分析

2.1 树锦鸡儿、柠条锦鸡儿和小叶锦鸡儿叶相对含水量和水势对持续干旱胁迫的响应

干旱处理时,树锦鸡儿、柠条锦鸡儿和小叶锦鸡儿叶相对含水量均为 100%,叶水势介于 -0.45 — -0.5 MPa 之间。随干旱胁迫的持续,树锦鸡儿、柠条锦鸡儿和小叶锦鸡儿叶凌晨水势在土壤相对含水量分别下降至 29%、34% 和 35% 时开始下降。植物具有的最低叶水势介于 -6.0 — -6.7 MPa 之间,对应的土壤相对含水量介于 6% — 8% 之间。和叶水势相比,叶相对含水量下降相对较晚,下降点对应的土壤相对含水量树锦鸡儿、柠条锦鸡儿和小叶锦鸡儿分别为 21%、19% 和 26% (图 1)。以叶相对含水量为横坐标轴,水势为纵坐标轴作图,可以看出树锦鸡儿、柠条锦鸡儿和小叶锦鸡儿叶相对含水量下降存在维持和持续下降 2 个阶段,下降拐点出现在水势 -2.4MPa、-2.5MPa 和 -1.5 MPa 左右(图 1)。

2.2 鹰嘴豆叶相对含水量和水势对持续干旱胁迫的响应

干旱处理时,鹰嘴豆叶相对含水量维持在 80% 左右、叶水势维持在 -0.45 — -0.5 MPa 之间。随干旱胁迫的持续,Rupali 叶相对含水量和水势在土壤相对含水量下降到 28% 时开始下降,Almaz 在土壤相对含水量下降到 24% 时开始下降,且叶相对含水量和水势下降同步(图 2)。鹰嘴豆 Rupali 和 Almaz 叶具有的最低水势分别为 -3.2MPa 和 -4.5MPa,对应的土壤含水量分别为 14% 和 13%。以叶相对含水量为横坐标轴,水势为纵坐标轴作图,结果表明二者显著线性相关(图 2)。

3 结论与讨论

锦鸡儿属植物在我国干旱、半干旱地区广泛分布,有重要的生态价值、经济价值和良好的干旱适应能力^[8-10]。本文中树锦鸡儿是由新疆北部分布的种群引种而来,柠条锦鸡儿和小叶锦鸡儿在我国北方的荒漠、半荒漠区广泛分布,这些植物在生长季节中长期受干旱胁迫影响^[8-10];鹰嘴豆也在我国干旱半干旱地区如甘肃榆中、新疆,澳大利亚地中海气候区如西澳洲等地种植^[12]。因此推测两类植物都有较强的干旱适应能力。本实验对两类植物的叶相对含水量和叶水势随土壤相对含水量的变化进行测定,对其干旱适应能力进行比较,从而对 1 年生和多年生植物忍耐干旱的能力进一步认识。

众多的实验通过对植物叶相对含水量和水势关系的比较来确定植物对干旱的忍耐能力,即在特定的叶水势下降幅度下,植物叶相对含水量下降越少,则该植物组织忍耐脱水的能力越强^[13-14]。本文以 Maxwell 和 Redmann^[15] 的研究思路为基础,对镰叶相思树、苹果、圣栎、油橄榄、佛罗里达茼蒿、大黍、高粱、玉米以及本实验中的鹰嘴豆 Rupali 品种、Almaz 品种、树锦鸡儿、柠条锦鸡儿和小叶锦鸡儿进行了叶水势(Ψ)-叶相对含水量(R)校准曲线(“calibration curves” relating Ψ to R)的绘制(图 3)。结果表明,物种之间 Ψ - R 校准曲线变化

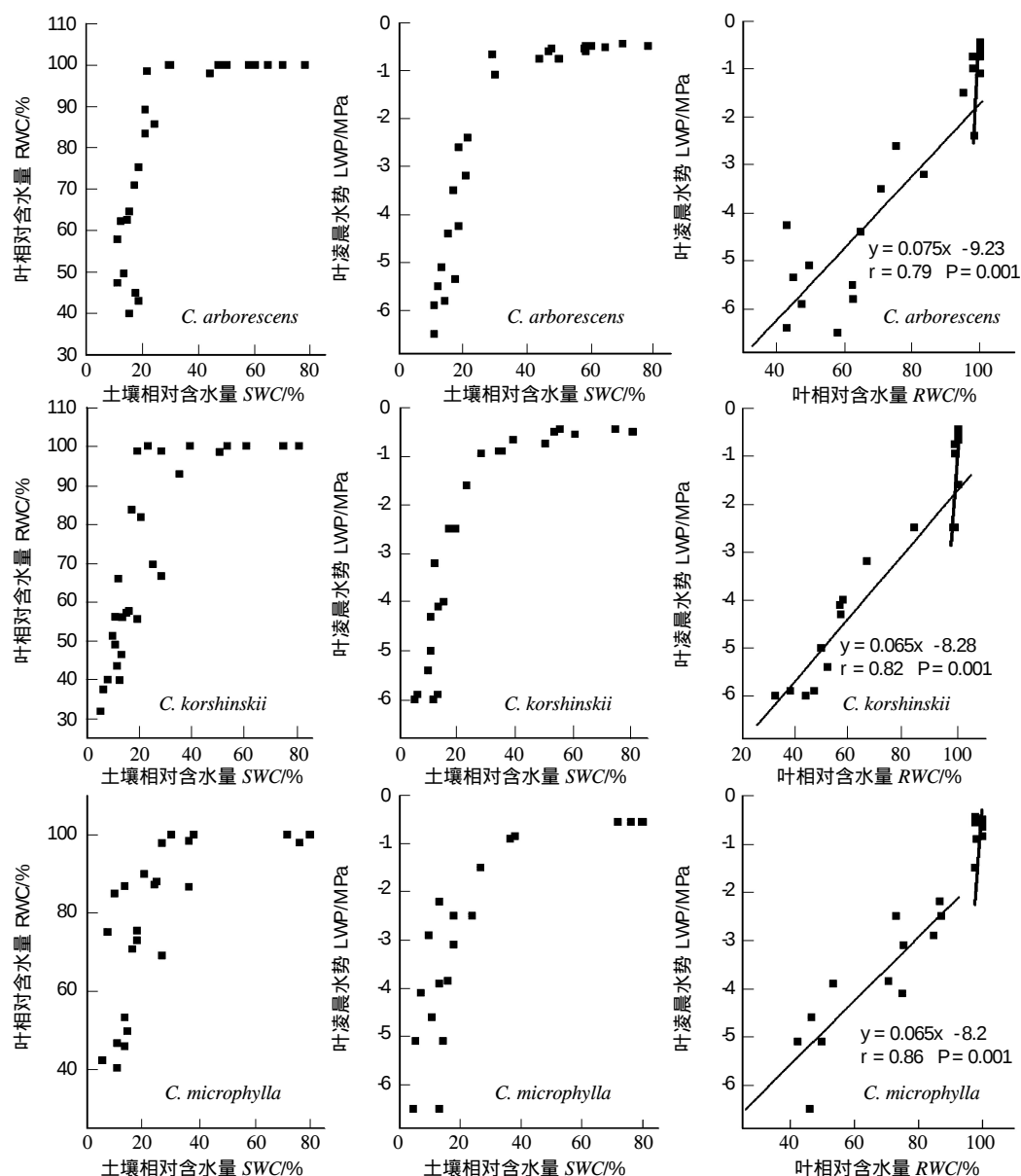


图1 树锦鸡儿、柠条锦鸡儿和小叶锦鸡儿叶相对含水量和叶水势对土壤相对含水量下降的响应以及叶相对含水量和叶水势之间的线性回归(仅给出叶相当含水量持续下降阶段的拟合方程)

Fig. 1 Change with soil water content in leaf relative water content (RWC, %) and predawn leaf water potential (LWP, MPa), and the regression line between LWP and RWC in *C. arborescens*, *C. korshinskii* and *C. microphylla*

很大;若 Ψ -R 校准曲线与镰叶相思树类似,植物忍耐干旱脱水的能力较强,若类似玉米,则植物忍耐干旱脱水的能力较差。由此可知本实验中鹰嘴豆品种忍耐干旱脱水的能力强于玉米、高粱、大黍。树锦鸡儿、柠条锦鸡儿、小叶锦鸡儿为典型的耐旱植物,但 Ψ -R 校准曲线斜率略低于鹰嘴豆(图3),主要原因是树锦鸡儿、柠条锦鸡儿、小叶锦鸡儿叶相对含水量在水势分别下降到低于 -2.4 MPa、 -2.5 MPa 和 -1.5 MPa时才开始下降,从而使得 Ψ -R 校准曲线变得平缓了一些。若对两类植物总的水势下降幅度和总的叶相对含水量下降幅度进行比较,则物种之间差别不大,说明两类植物具有相似的忍耐组织脱水的能力。实验同时表明锦鸡儿植物具有的最低水势为 -6.7 MPa,对应的土壤相对含水量为6%,但叶片仍维持有微弱的正光合速率($0.1 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$),鹰嘴豆具有的最低水势为 -4.5 MPa,对应的土壤相对含水量为14%,此时的光合速率为 $-5 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ [16],

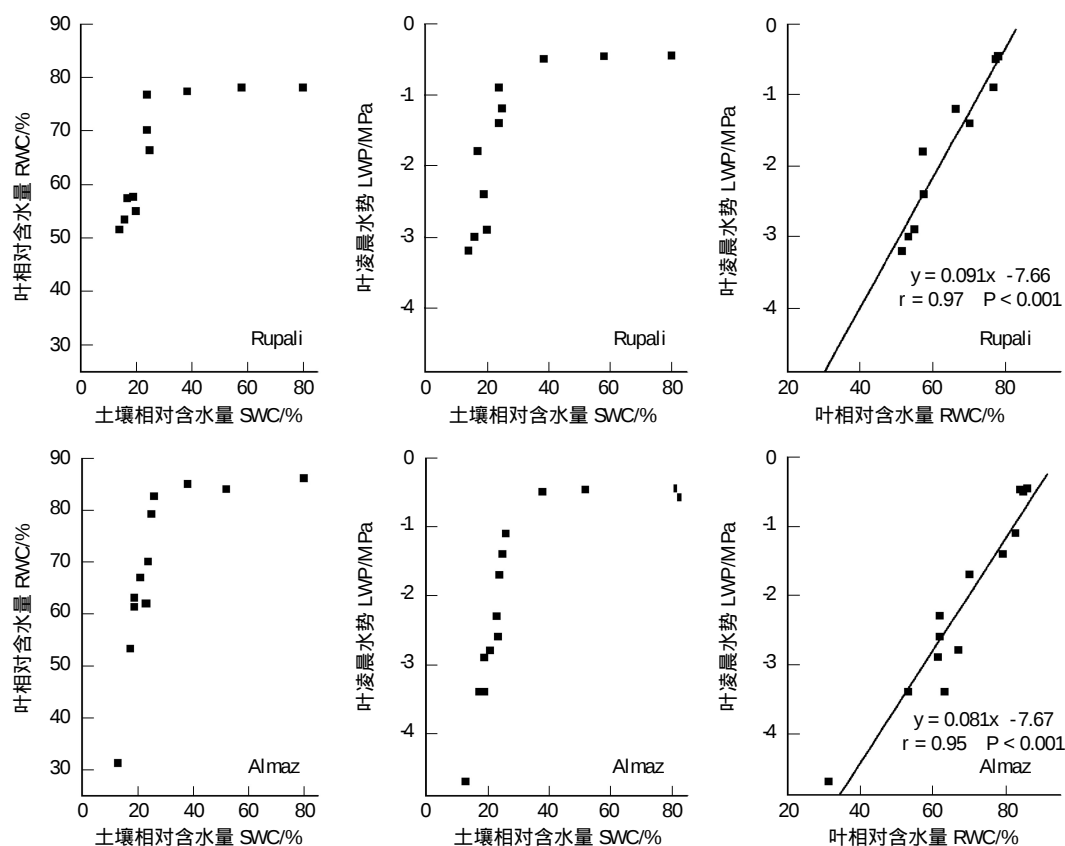


图2 鹰嘴豆 Rupali 和 Almaz 品种叶相对含水量和叶水势对土壤相对含水量下降的响应以及叶相对含水量和叶水势之间的线性回归
Fig. 2 Change with soil water content in leaf relative water content (RWC, %) and predawn leaf water potential (LWP, MPa), and the regression line between LWP and RWC in Rupali and Almaz chickpea cultivars

说明锦鸡儿植物具有更好的干旱适应能力。尽管本实验对两类植物的渗透调节没有测定,但推测多年生锦鸡儿植物具有极强的累积调节渗透物质的能力,使得植物能够维持较低的水势,在极低的土壤相对含水量下,叶细胞仍保持一定的体积和维持气孔的部分开张,并进行一定的气体交换^[17-18],是典型的耐旱特征。

植物叶相对含水量的变化通常取决于叶细胞相对体积的变化,即细胞的可收缩程度,而细胞的可收缩程度与植物细胞壁的弹性密切相关。随植物失水,具有较强弹性的细胞壁比具有较硬、弹性较差的细胞壁体积收缩的多,相应叶相对含水量变幅较大。换言之,当植物叶相对含水量下降幅度相同时,具有较硬、弹性较差的细胞壁的叶片水势下降幅度大。对大多数植物而言, Cheung 等^[19]认为从饱和膨压到细胞质壁分离 80% 的水势下降是由细胞膨压势的下降引起,在水势较低时植物仍保持较高的叶相对含水量是植物长期以来对外界干旱胁迫适应的结果。

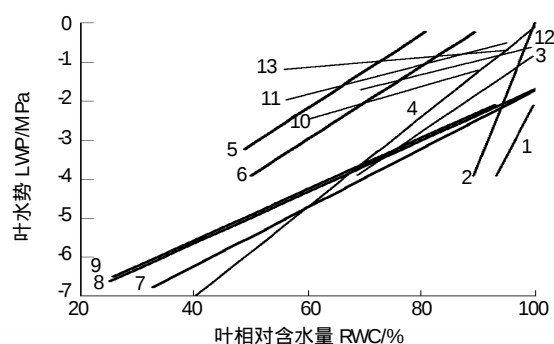


图3 不同植物叶水势和叶相对含水量线性回归(只显示了回归的线性部分)

Fig. 3 Relationship between leaf water potential (LWP) and leaf relative water content (RWC) in several species

斜率从大到小: 1=镰叶相思树(室内测定)、2=镰叶相思树(野外测定)、3=圣栎、4=油橄榄、5=鹰嘴豆-Rupali、6=鹰嘴豆-Almaz、7=树锦鸡儿、8=柠条锦鸡儿、9=小叶锦鸡儿、10=佛罗里达茼蒿、11=大豆、12=高粱、13=玉米(本实验锦鸡儿和鹰嘴豆之外的植物参照 Maxwell 和 Redmann 文献^[15])

本实验结果表明,鹰嘴豆叶相对含水量随水势的下降而下降,同时伴随着叶光合速率的降低、部分气孔的关闭和蒸腾速率的减少^[15],但树锦鸡儿、柠条锦鸡儿和小叶锦鸡儿在水势分别下降至 -2.4 MPa 、 -2.5 MPa 和 -1.5 MPa 才开始下降,此时植物叶片的光合速率不足高水对照植物的一半。说明为适应干旱,锦鸡儿植物可能相应进化出上述的御旱机制,即具有较硬的细胞壁来维持较高的膨压势。干旱胁迫的初期随土壤水分的下降,细胞膨压势下降,水势下降,但细胞维持原有的体积和原有的叶相对含水量;当土壤水分下降到一定程度,细胞膨压消失或为负值时,细胞体积才开始收缩,叶相对含水量随水势开始线性下降,这可能是多年生锦鸡儿植物提高自身忍耐干旱能力的又一重要特征。由于本实验结果表明 RWC 反映树锦鸡儿、柠条锦鸡儿和小叶锦鸡儿叶水分状况具有滞后性,因此建议对类似的植物叶水分状况测定时,最好避免用叶相对含水量这一指标。

本文对鹰嘴豆 Rupali 和 Almaz 品种以及树锦鸡儿、柠条锦鸡儿和小叶锦鸡儿叶相对含水量和叶水势对干旱胁迫的响应进行了测定,比较了两类植物对干旱的适应能力。结果表明鹰嘴豆叶相对含水量随叶水势的下降线性下降,树锦鸡儿、柠条锦鸡儿和小叶锦鸡儿叶相对含水量在叶水势分别下降到低于 -2.4 MPa 、 -2.5 MPa 和 -1.5 MPa 时才开始下降。树锦鸡儿、柠条锦鸡儿和小叶锦鸡儿这种叶相对含水量下降的滞后性说明植物在干旱胁迫时叶具有良好的保水能力。鹰嘴豆叶具有的最低水势为 -4.5 MPa ,对应的土壤相对含水量为 14%,锦鸡儿植物叶具有的最低水势可达 -6.7 MPa ,对应的土壤相对含水量为 6%,说明锦鸡儿植物比鹰嘴豆具有更好的干旱适应能力。

References:

- [1] Atkin O K, Macherel D. The crucial role of plant mitochondria in orchestrating drought tolerance. *Annals of Botany*, 2009, 103, 581-597.
- [2] Oosterheld M, Golluscio R A. Water use efficiency of twenty-five co-existing Patagonian species growing under different soil water availability. *Oecologia*, 2007, 154, 207-217.
- [3] Weatherley P E. Studies in the water relations of the cotton plant. I. The field measurement of water deficits in leaves. *New Phytologist*, 1950, 49, 81-97.
- [4] Farrant J M. A comparison of mechanisms of desiccation tolerance among three angiosperm resurrection plant species. *Plant Ecology*, 2000, 151, 29-39.
- [5] Dichio B, Xiloyiannis C, Sofo A, Montanaro G. Osmotic regulation in leaves and roots of olive trees during a water deficit and rewatering. *Tree Physiology*, 2006, 26, 179-185.
- [6] Macar T K, Ekmekçi Y. Alterations in photochemical and physiological activities of chickpea (*Cicer arietinum* L.) cultivars under drought stress. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 2009, 195, 335-346.
- [7] Jiang Y W, Liu H F, Cline V. Correlations of leaf relative water content, canopy temperature, and spectral reflectance in perennial ryegrass under water deficit conditions. *HortScience*, 2009, 44, 459-462.
- [8] Zhou D W, Liu Z L, Ma Y Q. The study on phytogeographical distribution and differentiation of *Caragana* Fabr., Leguminosae. *Bulletin of Botanical Research*, 2005, 25(4), 471-487.
- [9] Chang Z Y. A taxonomical study of *Caragana* Fabr. from China. Harbin: Northeast Forestry University PhD thesis, 2008.
- [10] Fang X W, Li J H, Xiong Y C, Xu D H, Fan X W, Li F M. Responses of *Caragana korshinskii* Kom. to shoot removal; mechanisms underlying regrowth. *Ecological Research*, 2008, 23, 863-871.
- [11] Turner N C. Measurement of plant water status by the pressure chamber technique. *Irrigation Science*, 1988, 9, 289-308.
- [12] Iannucci A, Russo M, Arena L, Fonzo N D, Martiniello P. Water deficit effects on osmotic adjustment and solute accumulation in leaves of annual clovers. *European Journal of Agronomy*, 2002, 16, 111-122.
- [13] Toker C, Canci H, Yildirim T. Evaluation of perennial wild *Cicer* species for drought resistance. *Genet Resource Crop Evolution*, 2007, 54, 1781-1786.
- [14] Kostopoulou P, Vrahnakis M S, Merou T, Lazaridou M. Perennial-like adaptation mechanisms of annual legumes to limited irrigation. *Journal of Environmental Biology*, 2010, 31, 311-314.
- [15] Maxwell J O, Redmann R E. Leaf water potential, component potentials and relative water content in a xeric grass, *Agropyron dasystachyum*

(Hook.) Scribn. Oecologia, 1978, 35, 277-284.

- [16] Fang X W, Turner N C, Yan G J, Li F M, Siddique K H M. Flower numbers, pod production, pollen viability, and pistil function are reduced and flower and pod abortion increased in chickpea (*Cicer arietinum* L.) under terminal drought. Journal of Experimental Botany, 2010, 61, 335-345.
- [17] Leport L, Turner N C, French R J, Tennant D, Thomson B D, Siddique KHM. Water relations, gas-exchange, and growth of cool-season grain legumes in a Mediterranean-type environment. European Journal of Agronomy, 1998, 9, 295-303.
- [18] Yin C, Peng Y, Zang R, Zhu Y, Li C. Adaptive responses of *Populus kangdingensis* to drought stress. Physiologia Plantarum, 2005, 123, 445-452.
- [19] Cheung Y N S, Tyree M T, Dainty J. Water relations parameters on single leaves obtained in a pressure bomb and some ecological interpretations. Canadian Journal of Botany, 1975, 53, 1342-1346.

参考文献:

- [8] 周道伟, 刘钟龄, 马毓泉. 豆科锦鸡儿属(*Caragana* Fabr.)植物地理分布与分化研究. 植物研究, 2005(4), 25, 271-287.
- [9] 常朝阳. 中国锦鸡儿属植物分类研究. 哈尔滨: 东北林业大学博士学位论文, 2008.

ACTA ECOLOGICA SINICA Vol. 31, No. 9 May, 2011 (Semimonthly)

CONTENTS

Guest Editorial from EAM Workshop—Sustainability of agricultural ecosystems in arid regions in response to climate change	
..... LI Fengmin, Kadambot H. M Siddique, Neil C Turner, et al (I)	
Overview on the 2 nd international workshop on ecosystem assessment and management (EAM)	
..... LI Pufang, ZHAO Xuzhe, CHENG Zhengguo, et al (2349)	
Arid agricultural ecology in response to global change: Overview on Young Scholar Forum of the 2 nd International Workshop on	
EAM	ZHAO Xuzhe, LI Pufang, Kadambot H. M Siddique, et al (2356)
The effects of micro-rainwater harvesting pattern and rainfall variability on water ecological stoichiometry in oat (<i>Avena sativa</i> L.)	
field	QIANG Shengcai, ZHANG Hengjia, MO Fei, et al (2365)
Spatial variation of water requirement for spring wheat in the middle reaches of Heihe River basin	
..... WANG Yao, ZHAO Chuanyan, TIAN Fengxia, et al (2374)	
Model-based estimation of the canopy transpiration of Qinghai spruce (<i>Picea crassifolia</i>) forest in the Qilian Mountains	
..... TIAN Fengxia, ZHAO Chuanyan, FENG Zhaodong (2383)	
Litter amount and its nutrient storage and water holding characteristics under different coniferous forest types in Xiaolong Mountain,	
Gansu Province	CHANG Yajun, CHEN Qi, CAO Jing, et al (2392)
Effect of irrigation frequency on life history strategy and yield formation in Jerusalem artichoke (<i>Helianthus tuberosus</i> L.) in oasis	
of Hexi Corridor	ZHANG Hengjia, HUANG Gaobao, YANG Bin (2401)
The evaluation method of water resources sustainable utilization in Manas River Basin	
..... YANG Guang, HE Xinlin, LI Junfeng, et al (2407)	
Correlation of topographic factors with precipitation and surface temperature in arid and cold region of Northwest China: a case	
study in Gansu Province	YANG Sen, SUN Guojun, HE Wenying, et al (2414)
The relationship between riparian vegetation and environmental factors in Heihe River Basin	
..... XU Shasha, SUN Guojun, LIU Huiming, et al (2421)	
Effects of drought stress on the photosynthesis of <i>Salix paraqulesia</i> and <i>Hippophae rhamnoides</i> seedlings	
..... CAI Haixia, WU Fuzhong, YANG Wanqin (2430)	
The comparison of drought resistance between <i>Caragana species</i> (<i>Caragana arborescens</i> , <i>C. korshinskii</i> , <i>C. microphylla</i>) and two	
chickpea (<i>Cicer arietinum</i> L.) cultivars	FANG Xiangwen, LI Fengmin, ZHANG Haina, et al (2437)
Response of chlorophyll fluorescence characteristics of <i>Populus euphratica</i> heteromorphic Leaves to high temperature	
..... WANG Haizhen, HAN Lu, XU Yali, et al (2444)	
Free amino acid content in different tissues of <i>Caragana korshinskii</i> following all shoot removal	
..... ZHANG Haina, FANG Xiangwen, JIANG Zhirong, et al (2454)	
“Fertile Island” features of soil available nutrients around <i>Halostachys caspica</i> shrub in the alluvial fan area of Manas River watershed	
..... TU Jinna, XIONG Youcai, ZHANG Xia, et al (2461)	
Analysis of the activities of protective enzymes in <i>Bidens pilosa</i> L. inoculated with <i>Glomus mosseae</i> under drought stress	
..... SONG Huixing, ZHONG Zhangcheng, YANG Wanqin, et al (2471)	
Evaluation and selection on drought-resistance of germplasm resources of <i>Avena</i> species with different types of ploidy	
..... PENG Yuanying, YAN Honghai, GUO Laichun, et al (2478)	
Ecophysiological mechanism of photoperiod affecting phenological period and spike differentiation in oat (<i>Avena nuda</i> L.)	
..... ZHAO Baoping, ZHANG Na, REN Changzhong, et al (2492)	
Effects of water and fertilization on relationship between competitive ability and seed yield of modern and old spring wheat varieties	
..... DU Jingqi, WEI Panpan, YUAN Ziqiang, et al (2501)	

- Inhibitory effect of biogas slurry from swine farm on some vegetable pathogen SHANG Bin, CHEN Yongxing, TAO Xiuping, et al (2509)
- Effects of different summer catch crops planting on soil inorganic N residue and leaching in greenhouse vegetable cropping system WANG Zhiyi, GUO Ruiying, LI Fengmin (2516)
- Photosynthetic characterization and yield of summer corn (*Zea mays* L.) during grain filling stage under different planting pattern and population densities WEI Li, XIONG Youcai, Baoluo Ma, et al (2524)
- Effects of desulfurization waste treatment on calcium distribution and calcium ATPase activity in oil-sunflower seedlings under alkaline stress MAO Guilian, XU Xing, ZHENG Guoqi, et al (2532)
- The evolution between ecological security pattern and agricultural productive force in Manas River Basin for the past 30 years WANG Yuejian, XU Hailiang, WANG Cheng, et al (2539)
- Spatio-temporal analysis of ecological carrying capacity in Jinghe Watershed based on Remote Sensing and Transfer Matrix YUE Dongxia, DU Jun, LIU Junyan, et al (2550)
- The coupling relationship and emergy analysis of farming and grazing ecosystems in Mu Us sandland HU Binghui, LIAO Yuncheng (2559)
- Dynamic analysis of farmland ecosystem service value and multiple regression analysis of the influence factors in Minqin Oasis YUE Dongxia, DU Jun, GONG Jie, et al (2567)
- Environment purification service value of urban green space ecosystem in Qingdao City ZHANG Xuliang, XU Zongjun, ZHANG Zhaohui, et al (2576)
- The spatial relationship analysis of rural per capital revenue based on GIS in Zulihe River basin, Gansu Province XU Baoquan, SHI Weiqun (2585)

Review and Monograph

- The key issues on plant phenology under global change MO Fei, ZHAO Hong, WANG Jianyong, et al (2593)
- Recent advances on regional climate change by statistical downscaling methods ZHU Hongwei, YANG Sen, ZHAO Xuzhe, et al (2602)
- Current progress in eco-physiology of root-sourced chemical signal in plant under drought stress LI Jinan, LI Pufang, KONG Haiyan, et al (2610)
- ODAP biosynthesis: recent developments and its response to plant stress in grass pea (*Lathyrus sativus* L.) ZHANG Dawei, XING Gengmei, XIONG Youcai, et al (2621)
- Current progress in plant ideotype research of dryland wheat (*Triticum aestivum* L.) LI Pufang, CHENG Zhengguo, ZHAO Hong, et al (2631)
- Recent advances in research on drought-induced proteins and the related genes in wheat (*Triticum aestivum* L.) ZHANG Xiaofeng, KONG Haiyan, LI Pufang, et al (2641)

2009 年度生物学科总被引频次和影响因子前 10 名期刊★

(源于 2010 年版 CSTPCD 数据库)

排序 Order	期刊 Journal	总被引频次 Total citation	排序 Order	期刊 Journal	影响因子 Impact factor
1	生态学报	11764	1	生态学报	1.812
2	应用生态学报	9430	2	植物生态学报	1.771
3	植物生态学报	4384	3	应用生态学报	1.733
4	西北植物学报	4177	4	生物多样性	1.553
5	生态学杂志	4048	5	生态学杂志	1.396
6	植物生理学通讯	3362	6	西北植物学报	0.986
7	JOURNAL OF INTEGRATIVE PLANT BIOLOGY	3327	7	兽类学报	0.894
8	MOLECULAR PLANT	1788	8	CELL RESEARCH	0.873
9	水生生物学报	1773	9	植物学报	0.841
10	遗传学报	1667	10	植物研究	0.809

★《生态学报》2009 年在核心版的 1964 种科技期刊排序中总被引频次 11764 次,全国排名第 1;影响因子 1.812,全国排名第 14;第 1—9 届连续 9 年入围中国百种杰出学术期刊;中国精品科技期刊

编辑部主任 孔红梅

执行编辑 刘天星 段 靖

客座编辑 Guest Editors LI Fengmin XIONG Youcai Neil Turner Kadambot Siddique

生 态 学 报

(SHENGTAI XUEBAO)

(半月刊 1981 年 3 月创刊)

第 31 卷 第 9 期 (2011 年 5 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA

(Semimonthly, Started in 1981)

Vol. 31 No. 9 2011

编 辑	《生态学报》编辑部 地址:北京海淀区双清路 18 号 邮政编码:100085 电话:(010)62941099 www.ecologica.cn shengtaixuebao@rcees.ac.cn	Edited by	Editorial board of ACTA ECOLOGICA SINICA Add:18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China Tel:(010)62941099 www.ecologica.cn Shengtaixuebao@rcees.ac.cn
主 编	冯宗炜	Editor-in-chief	FENG Zong-Wei
主 管	中国科学技术协会	Supervised by	China Association for Science and Technology
主 办	中国生态学会 中国科学院生态环境研究中心 地址:北京海淀区双清路 18 号 邮政编码:100085	Sponsored by	Ecological Society of China Research Center for Eco-environmental Sciences, CAS Add:18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China
出 版	科 学 出 版 社 地址:北京东黄城根北街 16 号 邮政编码:100717	Published by	Science Press Add:16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100717, China
印 刷	北京北林印刷厂	Printed by	Beijing Bei Lin Printing House, Beijing 100083, China
发 行	科 学 出 版 社 地址:东黄城根北街 16 号 邮政编码:100717 电话:(010)64034563 E-mail:journal@cspg.net	Distributed by	Science Press Add:16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100717, China Tel:(010)64034563 E-mail:journal@cspg.net
订 购	全国各地邮局	Domestic	All Local Post Offices in China
国外发行	中国国际图书贸易总公司 地址:北京 399 信箱 邮政编码:100044	Foreign	China International Book Trading Corporation Add:P. O. Box 399 Beijing 100044, China
广告经营 许 可 证	京海工商广字第 8013 号		



ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

国内外公开发行

国内邮发代号 82-7

国外发行代号 M670

定价 70.00 元