

塔里木河下游柽柳 ABA 累积对地下 水位和土壤盐分的响应

庄 丽¹ 陈亚宁² 李卫红² 吕 新³

1. 新疆石河子大学生命科学学院/新疆生产建设兵团绿洲生态-农业重点实验室,石河子 830002 ;
2. 中国科学院新疆生态与地理研究所,乌鲁木齐 830011 3. 新疆生产建设兵团绿洲生态-农业重点实验室,石河子 830002)

摘要 近年来发现在逆境下(干旱、低温、高温、盐渍等)的植物体内大量积累 ABA,从而引导人们去研究 ABA 与植物抗逆性之间的关系。在塔里木河下游地区影响植被正常生长发育的各种胁迫因子中,地下水位和土壤盐分是导致“绿色走廊”衰败的主要因素。柽柳是塔里木河下游荒漠植被的主体,对于改善生态环境、遏制沙漠化、保护生物多样性等诸多方面具有重要作用。因此,研究柽柳和地下水位以及土壤盐分的关系,对于维护塔里木河流域天然植被赖以生存的环境,保护柽柳这一重要的生物资源,维持生态平衡的良性循环具有重要意义。运用国际通用软件 SAS6.12 对塔里木河下游柽柳 ABA 和地下水位以及土壤盐分进行相关分析表明,柽柳 ABA 含量与地下水位呈极显著正相关,相关系数 $R = 0.80305$ (显著性程度 $P = 0.0003$);与土壤盐分呈显著负相关,相关系数 $R = -0.59036$ (显著性程度 $P = 0.0205$)。由各断面柽柳 ABA 含量变化与地下水位和土壤盐分关系分析结果可以初步推断,3.12m 的地下水位和 0.96g/L 的土壤盐分已经威胁到柽柳的正常生长发育,地下水位超过 5.59m、土壤盐分大于 1.61g/L 则会对柽柳造成严重胁迫。在恢复和保育塔里木河流域天然植被的过程中,应该把对植被造成胁迫的外界条件的成因和植被自身的抗旱、抗盐等抗逆特性结合起来进行考虑。根据耐旱耐盐植被的合理生态水(盐)位,在主干道两岸维持一定范围的地下水位,使乔木、灌木、草本植被能良好地生长,发挥多种生态功能,这样既可以避免水资源的浪费又能充分发挥生态输水的功效,有利于从根本上解决“绿色走廊”的问题。

关键词 脱落酸 柽柳 地下水位 土壤盐分 塔里木河

文章编号:1000-0933(2007)10-4247-05 中图分类号:Q142 Q948 文献标识码:A

Responses of *Tamarix ramosissima* ABA Accumulation to groundwater level and soil salt changes in the lower reaches of Tarim River

ZHUANG Li¹, CHEN Ya-Ning², LI Wei-Hong², LÜ Xin³

1 Xinjiang Shihezi University/ Key Laboratory of Oasis Eco-agriculture of Xinjiang BingTuan, Shihezi, Xinjiang 830002, China

2 Xinjiang Institute of Ecology and Geography, Chinese Academy of Sciences, Urumqi 830011, China

3 Key Laboratory of Oasis Eco-agriculture of Xinjiang BingTuan, Shihezi, Xinjiang 830002, China

Acta Ecologica Sinica 2007 27 (10) 4247 ~ 4251.

Abstract: The Tarim River, located in central Xinjiang Uygur Autonomous Region, is situated north of the Taklimakana Desert. A reduction in groundwater levels and a concomitant increase in soil salinity have reduced vegetation in lower

基金项目:中国科学院重要方向资助项目(KZCX2-YW-127);国家自然科学基金资助项目(90502004,30500081);石河子大学高层次人才科研启动资金专项资助项目(070002)

收稿日期:2006-12-29;修订日期:2007-08-26

作者简介:庄丽(1970~),女,博士,副教授,主要从事干旱区生态环境研究。E-mail:zhuangliiii@163.com

Foundation item: This work financially supported by important direction project of Chinese Academy of Sciences (No. KZCX2-YW-127); National Natural Science Foundation of China (Grant No. 90502004, 30500081) and High-level scientific research personnel start-up capital of Shihezi University (No. 070002)

Received date 2006-12-29; **Accepted date** 2007-08-26

Biography ZHUANG Li, Ph. D., Associate professor, mainly engaged in ecological environment in arid zone. E-mail: zhuangliiii@163.com

reaches of the river. *Tamarix ramosissima* is one of the dominant plant species in this riparian system. This species provides a buffer between the desert and riparian zone and contributes significantly to ecosystem function and maintenance of biodiversity. Thus ,an understanding of how *T. ramosissima* responds to changes in groundwater levels and soil salinity is necessary for ecological and economic management of this riparian system. We found a positive correlation (Pearson Correlation Coefficient = 0.80305) between *T. ramosissima* Absciscic Acid (ABA) and groundwater levels ; there was a negative correlation between ABA and soil salt levels (Pearson Correlation Coefficient = 0.00961). From these ABA groundwater/salinity relationships we concluded that 3.12 m subsurface groundwater level and 0.96 g/L soil salt can limit the normal growth and development of *T. ramosissima* ;greater than 5.59 m subsurface groundwater level and 1.61g/L soil salt will strongly impede the normal development of *T. ramosissima*. So ,we should take into account the resistance of plants to environmental stressors such as drought and salinity to keep the level of salt and groundwater on both sides of the main river within a range in which trees , shrubs , and herbs can grow well and perform various ecological functions. Such conservation practices not only avoid the waste of water resources , but will also contribute to efficient artificial water-recharge , helping to maintain the Tarim River riparian zone and promote “green corridor ” maintenance.

Key Words : *Tamarix ramosissima* ; absciscic acid (ABA) ; groundwater level ; soil salt ; Tarim River

怪柳在北美是一天然入侵种植物 因其在草原牧场上肆虐繁殖而被加以防治。而在中国 怪柳作为干旱区、半干旱区的大面积沙荒地和盐渍化土地上广泛分布的一类重要灌木植被 ,以其宽广的生态幅位和其它植物无法替代的抗干旱、耐盐碱、耐贫瘠、耐水湿、根系深、寿命长、用途广等特点而颇受重视。尤其是在塔里木河下游 随处可见由怪柳固定的 2 ~5m 见方的“沙包 ”。在极端干旱的塔里木河下游 ,水分缺乏和土壤盐渍化是限制植被生长的主要因素^[1] ,了解怪柳的生理生态特性与地下水位以及土壤盐分的关系 ,对于确定维系塔里木河下游天然植被的最低生态输水量以及在缺乏洪灌的沙区进行怪柳植被的自然更新具有重要作用。

在逆境条件下 植物体内的激素含量会发生变化 ,其中以脱落酸 (ABA)最为重要^[2]。一般认为 ,ABA 是一种应激激素 植物在逆境条件下会提高 ABA 含量以适应不良环境 ,反过来 ,ABA 又能通过稳定生物膜、减少自由基对膜的破坏、增加植物体内渗透调节物质的含量、促进气孔关闭等途径增强植物的抗逆能力 ,形成交叉适应^[3~5]。本文以塔里木河下游的灌木建群种怪柳为研究对象 ,就不同地下水位和土壤盐分条件下其体内 ABA 含量变化进行探讨 ,旨在从植物体激素的角度揭示植物对水盐胁迫的生态适应机理 ,为新疆荒漠植被的恢复和保育提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

塔里木河下游系指从干流区恰拉向下至台特玛湖 ,全长 428km ,地处塔克拉玛干大沙漠与库鲁克沙漠之间 ,过去河流两侧植被良好 ,素有“绿色走廊”之称。塔里木河下游属大陆性暖温带、极端干旱沙漠性气候 ,昼夜温差大 ,热量资源比较丰富 ,气候干燥 ,风沙较多。地貌类型为新月型沙丘链、复合新月沙丘链、纵向沙垄与灌丛沙堆等。地面物质组成以细粒沙壤土为主。河道呈东南走向穿行于塔克拉玛干沙漠与库鲁克沙漠之间狭窄的冲积平原上 ,河床受风沙作用 ,风蚀、风积强烈 ,河床形变严重。近年来 ,由于人类活动的影响 ,特别是水资源的不合理利用 ,致使河道长期断流 ,30 多年来无任何地表径流 ,英苏以下地下水埋深大都下降到 8 ~12m ,致使主要依靠地下水维系生存的天然植被大面积衰败 ,土壤盐渍化程度加剧 ,沙漠化土地面积迅速增长 ,生态环境十分脆弱。塔里木河下游具有代表性的植物有胡杨 (*Populus euphratica*)、多枝怪柳 (*Tamarix ramosissima*)、刚毛怪柳 (*T. hispida*)、黑刺 (*Lycium ruthenicum*)、芦苇 (*Phragmites communis*)、疏叶骆驼刺 (*Alhagi sparsifolia*)、大花罗布麻 (*Apocynum venetum*)、花花柴 (*Karelinia caspica*)、胀果甘草 (*Glycyrrhiza inflata*)等 ,构成了乔木、灌木和草本植物群落。其中 ,乔木主要是胡杨 ;灌木主要为怪柳属植物、铃铛刺、黑刺、白刺等 ;草本植物有芦苇、胀果甘草、花花柴、大花罗布麻、疏叶骆驼刺等 ,其中胡杨、怪柳、罗布麻为乔木、灌木和草

本植物的主要建群种。

1.2 样品采集

采样位置 本文分析样品分别在塔里木河下游上段、中段、下段区域的亚哈甫马汗、阿拉干和考干 3 个断面上采集。采样点依据地下水监测井的位置布局,分别依次距离河岸 100、200、300、400、500m 等,以便根据地下水位和土壤盐分状况,对柽柳的生理代谢情况进行分析。

采样方法 在确定的等距离样带上随机选取若干样株,在样株全株随机采集叶片后组成混合样,作为代表某一距离上的样品。在样株选择过程中尽量考虑灌木的地径相似,以保证是在相同龄级或生长期的植物之间进行比较。

采样时间 第 1 次 2004 年 7 月 20 日,第 2 次(输水中期)2004 年 9 月 30 日,两次采样的地点和对象不变,并同期测定地下水位和土壤盐分。生理指标、地下水位和土壤盐分均取两次试验数据的平均值。

1.3 脱落酸(ABA)的测定

样品提取 样品(15g)中加入 50ml NaOH 0.5mol/L。12 000 × g 离心 10min,取上清液,加入 40ml 乙酸乙酯 8 000 × g 离心分液取水相,加入 1mol/L HCL,调 pH 至 2.0,加 50 ml 乙酸乙酯。8 000 × g 离心分液取酯相,40℃减压蒸馏,以 10% 乙腈定容至 1.5 ml,用于 HPLC 分析。

样品检测 参照谈峰^[6]、陈雪梅和王沙生^[7]的方法并作改进,在岛津高效液相色谱仪 CTO-6A 上检测。

色谱条件 色谱柱为 CLC-C8,检测器为 UV-VIS 检测器,检测波长 250nm。二元梯度洗脱:A 泵 pH = 3.0,10% 乙腈;B 泵 60% 乙腈。外标法定量。

2 结果与分析

2.1 亚哈甫马汗断面柽柳 ABA 含量变化与地下水位和土壤盐分的关系

从亚哈甫马汗断面柽柳 ABA 含量变化与地下水位的关系曲线(图 1)可以看出,在距河道由近及远、地下水埋深不断增大的过程中,ABA 含量明显增加。地下水埋深由 3.12m 逐渐下降到 6.46m 的过程中,柽柳 ABA 含量由最低值 7.86ng/gFW 近乎线形增加至 29.10ng/gFW;地下水埋深 6.46 ~ 6.79m 时,ABA 增加幅度比较大,达 32.94ng/(gFW·m)。由此说明,地下水埋深低于 3.12m 时,柽柳已经受到水分胁迫,超过 6.46m 的地下水埋深即对柽柳造成严重胁迫。

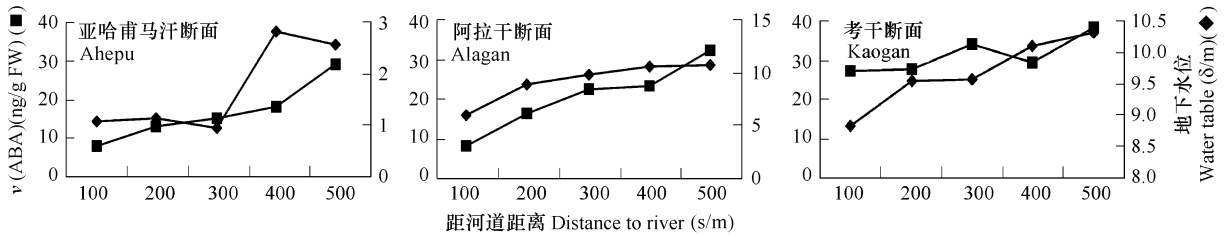


图 1 各断面柽柳 ABA 含量与地下水位的关系

Fig. 1 The relationship between groundwater and ABA of *Tamarix* L. at three sections

大量研究表明,当植物处于干旱、低温、盐碱和环境污染等不利环境下,植物体内的脱落酸会大量增加,使植物对不利环境产生抗性^[8-11]。但是在亚哈甫马汗断面柽柳 ABA 含量变化和土壤盐分的关系(图 2)并不完全遵循这一规律:无论土壤盐分增大(1.08 ~ 1.13ng/L 和 0.96 ~ 2.80g/L 处)还是降低(1.13 ~ 0.96g/L 和 2.80 ~ 2.56g/L 处),ABA 含量都呈增加趋势。这说明,整个断面即使土壤盐分在最低值 0.96g/L 时,已经对柽柳造成了盐胁迫。

2.2 阿拉干断面柽柳 ABA 含量变化与地下水位和土壤盐分的关系

从图 1 可以看出,阿拉干断面柽柳 ABA 含量也随着地下水位的下降而呈增加态势。在地下水埋深 5.59 ~ 9.74m 和 10.56 ~ 10.78m 处,ABA 变化非常明显,分别增加了 3.73ng/(gFW·m)和 39.41ng (FW/g·m),后者是前者的 10.58 倍。地下水埋深 9.00 ~ 10.56m 时,柽柳 ABA 含量变化很小而且增加平缓,由 22.35ng/gFW

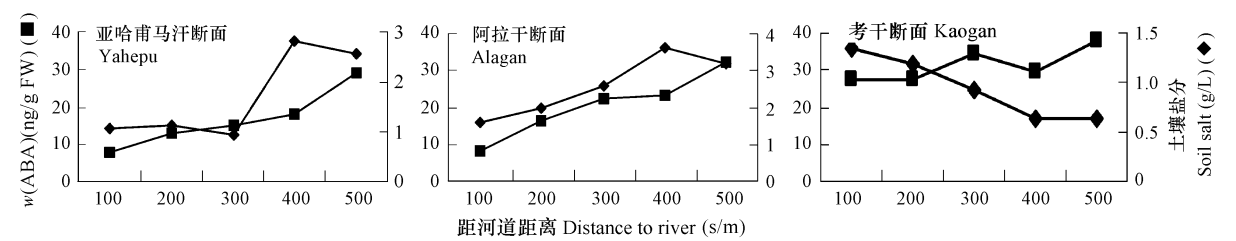


图2 各断面柽柳 ABA 含量与土壤盐分的关系

Fig. 2 The relationship between soil salt and ABA of *Tamarix* L. at three sections

增加到 23.40ng/gFW。显然 5.59m 和 10.56m 是柽柳在水分胁迫条件下 ABA 变化的两个异常点,尤其是后者变化更为显著。

从阿拉干断面 ABA 含量与土壤盐分的关系曲线(图 2)可以看出:距离河道 100~400m 的范围内,ABA 含量随着土壤盐渍化加重而增加,在土壤盐分由 1.61g/L 逐渐增大到 3.61g/L 的过程中,ABA 含量分别增加了 50.09%、26.58% 和 4.49%。距离河道 400~500m 的范围内,土壤盐分由 3.61g/L 下降至 3.19g/L,ABA 含量仍然明显增加,由 23.40ng/gFW 增加到 32.07ng/gFW,增加了 27.04%。可见在阿拉干断面,土壤盐分达到 1.61g/L(地下水埋深 5.94m)时柽柳遭受到的盐胁迫明显加剧。

2.3 考干断面柽柳 ABA 含量变化与地下水位和土壤盐分的关系

考干断面的柽柳 ABA 含量与地下水位关系(图 1)的变化规律与前两个断面的不同,ABA 含量并不完全随着地下水位的下降而增加:在距河道 100~300 m 处,随着地下水位的迅速下降,ABA 含量先是由 27.29ng/gFW 略微增加到 27.65ng/gFW,尔后又继续增加至 34.12ng/gFW,增幅分别为 0.51ng/(gFW·m)和 15.05ng/(gFW·m)。距河道 300~500m 处,地下水埋深由 9.97m 下降至 10.11m,ABA 含量却由 34.12ng/gFW 减小到 29.56ng/gFW,然后随着地下水埋深由 10.11m 增大到 10.32,ABA 含量也增加到 38.09ng/gFW(增幅为 40.62ng/(gFW·m))。由此可见,地下水埋深 9.97m 和 10.11m 是阿拉干断面柽柳响应水分胁迫的异常点。

考干断面的土壤盐分变化与前两个断面的变化规律也不尽相同,完全呈下降趋势。在这样的土壤盐分条件下,柽柳 ABA 含量变化总体来说呈增加状态(图 2),只是在土壤盐分 0.91~0.64g/L 处由 34.12ng/gFW 减少到 29.56ng/gFW。说明在考干断面,土壤盐分对柽柳 ABA 含量影响微乎其微,这是因为考干断面位于塔里木河下游的尾间,几乎得不到地表水的补给,有限植被的生存完全依靠地下水维系,所以基本上不受浅层土壤盐分的影响。

3 结论与讨论

运用国际通用软件 SAS6.12 对塔里木河下游柽柳 ABA 和地下水位以及土壤盐分进行相关分析:ABA 与地下水位呈极显著正相关,相关系数 $R = 0.80305$ (显著性程度 $P = 0.0003$);与土壤盐分呈显著负相关,相关系数 $R = -0.59036$ (显著性程度 $P = 0.0205$)。此结果表明:在塔里木河下游影响天然植被正常生长发育的主要胁迫因子——地下水位和土壤盐分中,地下水位的影响更显著一些。其实,一个地域内的地下水位、土壤水分和土壤盐分是密切相关的:一方面,在地下水位抬升或者下降的过程中,会由于淋融作用而导致土壤中盐分的积累;另一方面,土壤中的盐分增强了土壤对水分的亲合能力,继而影响到土壤含水量的高低。另外从某种角度来说,盐渍胁迫和干旱胁迫对植物产生伤害的机理是相同的,最终都会对植物产生渗透胁迫。

塔里木河下游的柽柳在遭受着干旱胁迫的同时也遭受着盐分胁迫,各断面柽柳 ABA 含量变化与地下水位和土壤盐分的关系表明,柽柳体内 ABA 含量随着地下水位的下降、水分胁迫程度的增大而增加,这是柽柳通过累积“应激激素”ABA 来抵御干旱的一种积极主动的有效方式,使柽柳生长速度下降,促进其体内同化物质的积累,提高机体保水能力,继而增强它对干旱逆境的适应能力。但是柽柳 ABA 含量并不总是随着土壤盐分的增大而增加,有时甚至背道而驰。另外,通过各断面土壤盐分变化的对比分析可以看出:亚哈甫马汗断面和阿拉干断面的土壤盐分总体来说呈增加趋势,而考干断面的却呈减小状态;在距河道相同距离处,阿拉干断

面的土壤盐分明显大于其它断面。这是因为亚哈甫马汗断面位于塔里木河下游的上段,而阿拉干断面和考干断面分别位于中段和下段,所以在实施生态输水过程中,距离大喜海子水库最近的亚哈甫马汗断面过水时间比较长,得到的水量比较充沛,土壤中的盐分得到稀释,相对于水分胁迫最严重的考干断面而言,阿拉干断面可以得到一些地表水的补给,但是数量很少,导致地下水位在每次输水过程中先抬升尔后下降,造成土壤中盐分的积累。

在塔里木河下游这一特殊的生态环境中,植物和环境作为其中的主要组成成分,它们之间的关系是彼此依存、密不可分的。在植物适应环境的同时,环境也影响着植物的生存和生长,而且会诱导植物的结构和形态等发生变化。柽柳在与其生存环境长期协调的过程中,逐渐形成了一些适应干旱逆境和盐碱逆境的形态结构特征:萌孽力强,通过茎叶表面的盐腺将从土壤中吸收的盐分排出体外,在避免盐胁迫的同时可以起到改良土壤的作用,其直根系的主根延伸极深,但根幅不大,不与周围植物争夺浅层土壤水分,地上部分生长迅速,很快遮荫地面,从而减少土壤水分的蒸发,降低表层土壤盐分的积聚,鳞片状或披针形叶能够减少体内水分蒸发,等等。

由各断面柽柳 ABA 含量变化与地下水位和土壤盐分关系分析结果可以初步推断 3.12m 的地下水位和 0.96g/L 的土壤盐分即已威胁到柽柳的正常生长发育,地下水位超过 5.59m、土壤盐分大于 1.61g/L 则会对柽柳造成严重胁迫。柽柳是塔里木河下游荒漠生态系统的主体,对于改善生态环境,遏制沙漠化,保护生物多样性等诸多方面具有重要作用。在恢复和保育塔里木河流域天然植被的过程中,应该把对植被造成胁迫的外界条件的成因和植被自身的抗旱、抗盐等抗逆特性结合起来进行考虑,根据耐旱耐盐植被的合理生态水(盐)位,在主河道两岸维持一定范围的地下水位,使乔、灌、草能良好地生长,发挥多种生态功能。这样既可以避免水资源的浪费又能够充分发挥生态输水的功效,有利于从根本上解决“绿色走廊”的问题。

References :

[1] Chen Y N ,Zhang X L ,Zhu X M , *et al.* The ecosystem effect analysis of water input in Tarim River. *Science in China (Series D :Earth Science)* , 2004 , 34 (5) :475 — 482.

[2] Pan R Z ,Dong Y D. *Plant Physiology.* Beijing : Advanced Education Press , 1998. 320.

[3] Shao H B , *et al.* Adaptation of higher plants to environmental stresses land stress signal transduction. *Acta Ecologica Sinica* ,2005 , 25 (7) :1871 — 1882.

[4] Zhang J H ,Huang W D. Research Advances on Mechanism of Cross-adaptation to Temperature Stresses in Plants. *Chinese Agricultural Science Bulletin* ,2003 , 19 (2) :95 — 100.

[5] Shao H B , *et al.* Progress and trends in the study of anti-drought physiology and biochemistry , and molecular biology of *Triticum aestivum*. *Acta Prataculturae Sinica* ,2006 , 15 (3) :5 — 17.

[6] Tan F. High-performance liquid chromatography of plant hormones. *Plant Physiol Commun* ,1986 , 5 :15 — 23.

[7] Chen X M ,Wang S S. Quantitative analysis of ABA , IAA and NAA in plant tissues by HPLC. *Plant Physiology Communication* ,1992 , 28 (5) : 368 — 371.

[8] Palu M ,Hasegawa ,Ray A , *et al.* Plant cellular and molecular responses to high salinity. *Annu. Rev. Plant physiol. Plant Mol. Biol* ,2000 , 51 : 463 — 499.

[9] Chen S P ,Gao Y B ,Liang Y , *et al.* Effect of endophyte infection on the concentrations of free praline and ABA of leaves of *Lolium perenne* L under water stress. *Acta Ecologica Sinica* ,2001 , 21 (12) :1964 — 1972.

[10] Conklin P L , Barth C. Ascorbic acid , a familiar small molecule intertwined in the response of plants to ozone , pathogens and the onset of senescence. *Plant , Cell & Environment* ,2004 , 27 :959 — 970.

[11] Goh C H ,Nam H G ,Park Y S. Stress memory in plants : a negative regulation of stomatal response and transient induction of rd22 gene to light in abscisic acid-entrained Arabidopsis plants. *The Plant Journal* ,2004 , 36 :240 — 255.

参考文献 :

[2] 潘瑞炽,董愚得. 植物生理学. 北京 :高等教育出版社,1998. 320.

[3] 邵宏波,梁宗锁,邵明安,等. 高等植物对环境胁迫的适应与其胁迫信号的转导. *生态学报*,2005 , 25 (7) :1871 ~ 1882.

[4] 张俊环,黄卫东. 植物对温度逆境的交叉适应性及其机制研究进展. *中国农学通报*,2003 , 19 (2) :95 ~ 100.

[5] 邵宏波,梁宗锁,邵明安,等. 小麦抗旱生理生化和分子生物学研究进展与趋势. *草业学报*,2006 , 15 (3) :5 ~ 17.

[6] 谈峰. 植物激素的高效液相色谱分析. *植物生理学通讯*,1986 , 5 :15 ~ 23.

[7] 陈雪梅,王沙生. HPLC 法定量分析植物组织中 ABA , IAA 和 NAA. *植物生理学通讯*,1992 , 28 (5) :368 ~ 371.

[9] 陈世苹,高玉葆,梁宇,等. 水分胁迫下内生真菌感染对黑麦草叶内游离脯氨酸和脱落酸含量的影响. *生态学报*,2001 , 21 (12) :1964 ~ 1972.