植物生态学报 2004，28（2）198～203
Acta Phytoecologica Sinica

强旱生小灌木绵刺劈裂生长过程中内源激素含量变化的研究

侯艳伟[1,2] 王迎春[1] 杨 持[1]
（1 内蒙古大学生命科学学院，呼和浩特 010021）（2 国立华侨大学材料科学与工程学院，福建泉州 362011）

摘 要 研究强旱生小灌木绵刺（*Potaninia mongolica*）劈裂生长过程中内源激素含量的变化。结果表明：1）4 种生长状态中，完全劈裂的植株的叶片及劈裂发生部位 ABA 的含量比其它 3 种状态的都低，而其根中 ABA 的含量最大。同其它几种激素相比，ABA 在绵刺体内的含量最大；2）劈裂生长发生之前，在劈裂发生部位 IAA 积累量大，尤其是在即将劈裂的过渡植株的劈裂发生部位 IAA 含量最大；3）劈裂生长发生过程中 GA_3 含量的变化与 IAA 的变化有同步性；4）ZR 的含量也是在劈裂生长发生前的绵刺的劈裂发生部位中较大，随着劈裂生长的发生，植物从根部向叶片及劈裂发生部位运输的 ZR 有逐渐降低的趋势，而在劈裂生长发生的过渡阶段，ZR 从根部向劈裂发生部位运输的比例较大，分别为 19.44%和 20%；5）IAA、GA_3、ZR 三者协调促进劈裂发生部位细胞的生长和分裂，而 ABA 的积累对绵刺适应干旱的环境条件起到了一定的调节作用。

关键词 劈裂生长 ABA IAA GA_3 ZR 绵刺

CHANGES IN THE ENDOGENOUS PHYTOHORMONE CONTENT OF THE SUPER-XEROPHYTIC SHRUBLET, *POTANINIA MONGOLICA*, DURING FISSURATE GROWTH

HOU Yan-Wei[1,2] WANG Ying-Chun[1] and YANG Chi[1]
(1 *College of Life Sciences*, *Neimonggol University*, *Huhhot* 010021, China)
(2 *College of Materials Science and Engineering Huaqiao University of Quanzhou*, *Quanzhou*, *Fujian* 362011, China)

Abstract *Potaninia mongolica* is an archaic, single-species genus plant and is a member of the Rosaceae family. It is well adapted to drought environments. *P. mongolica* reproduces primarily by vegetative means, but it also can reproduce sexually. This species has two modes of vegetative reproduction: one is that the branches drop and grow new vegetal body and the other is by fissurate growth. Many other xerophilous plants in the Inner Mongolia West Erdos region share the same characteristic of fissurate growth, which is an adaptive strategy to drought environments. Correlated studies of fissurate growth are few, and this is the first report on the changes of the endogenous phytohormone content during fissurate growth.

We determined the content of ABA, IAA, GA_3, ZR in tissues of *P. mongolica* in different states of fissurate growth using ELISA (Enzyme-Linked Immunosorbent Assay), to relate changes of phytohormone content to changes during fissurate growth.

The results are as follows: 1) in the four states measured, ABA content was the lowest in the leaf and the fissurate part during the fissurated state and highest in the root. Compared with other endogenous phytohormones, ABA content was the highest. 2) before fissuration, IAA accumulated greatly in the fissurate part, especially during the transitional state, and IAA content was the highest in the fissurate part. 3) during fissurate growth, changes in GA_3 content followed that of the IAA content. 4) ZR content was also the highest in the fissurate part before fissuration. During fissurate growth, ZR content carried from the root to the fissurate part and the leaf decreased gradually, and, during the transitional state, the percent of ZR carried from the root to the fissurate part was higher; these were 19.44% and 20%. 5) IAA, GA_3, and ZR mutually regulated and promoted the growth and splitting of the cells in the fissurate part, and the accumulation of ABA in *P. mongolica* roots was an adaptive response to its droughty environment.

Key words Fissurate growth, ABA, IAA, GA_3, ZR, *Potaninia mongolica*, Phytohormones

绵刺（*Potaninia mongolica*）为荒漠旱生灌木，是蔷薇科绵刺属一个古老的单种属植物，具有独特的

收稿日期：2003-02-27 接受日期：2003-08-16
基金项目：国家自然科学基金项目（30060006）
E-mail：yanweihou1980@yahoo.com.cn；yc.wang@263.net

形态学及分类学特征。它对干旱气候具有高度的适应性，是一种强旱生小灌木。绵刺具有无性和有性两种类型的繁育系统，其营养繁殖较为常见，在种群繁衍中占较大比重。绵刺的营养繁殖以劈裂生长为主，当植株生长到一定阶段时，从茎基部向上或向下发生多次纵裂，形成多个独立的植株，最后形成环状的集群，集群的直径一般在 30 ~ 80 cm 之间（中国科学院内蒙古宁夏综合考察队，1985）。这种劈裂生长的特点在荒漠地区的其它强旱生植物如红砂（*Reaumuria soongorica*）、长叶红砂（*R. trigyna*）、珍珠（*Salsola passerina*）、狭叶锦鸡儿（*Caragana stenophylla*）等中也有发生，因此，劈裂生长是该地区一些强旱生小灌木对干旱环境的一种特殊适应方式。近年来有关绵刺种群的研究工作开展的较少，并且大多是形态和生殖方面的研究。王迎春等（2001）对绵刺小孢子发育和雄配子体形成进行了研究，并首次报道了绵刺胚胎发育过程中存在无融合生殖现象（王迎春等，2002）；刘果厚等（1997）对绵刺营养器官的解剖结构及其对环境的适应性进行了探讨；高岩等（1999）报道了渗透胁迫对绵刺嫩枝保护酶活性的影响；高润宏等（2001）首次报道了绵刺克隆生长的构型。但有关绵刺劈裂生长的形态发生以及劈裂生长过程内源激素含量变化的研究还未见报道。鉴于此，该文选择内蒙古西鄂尔多斯地区典型劈裂生长的荒漠旱生植物绵刺为受试材料，应用酶联免疫吸附法测定不同生长状态绵刺的同化组织中的 ABA（脱落酸）、IAA（生长素）、GA_3（赤霉素）、ZR（玉米素）的含量，探讨强旱生小灌木绵刺劈裂生长过程中内源激素含量的变化及其与劈裂生长的关系以及与荒漠干旱环境适应性的关系。

1　研究区域自然概况

该文所选样地位于内蒙古磴口县境内，该区大陆性气候明显，冬季寒冷，夏季酷热，干旱少雨，风大沙多，热量丰富。年降水量平均为 100 mm 左右，年均温 7 ℃上下，≥10 ℃积温 3 000 ~ 3 600 ℃，湿润系数 0.13 以下。该区处于草原化荒漠地带，土壤以灰钙土、灰棕荒漠土和砾质棕漠土为主，均有一定程度的沙化，土壤容重在 1.41 以上，孔隙度在 42.6% ~ 46.7%之间，属于紧实性土壤。该区绵刺荒漠的群落主要有以下几类：绵刺典型荒漠、绵刺-丛生禾草荒漠、绵刺-半灌木荒漠、绵刺-肉质叶小半灌木荒漠和绵刺-小灌木荒漠。

2　材料与方法

2.1　材料采集

2002 年 6 月采集未劈裂的幼苗（简称 A 状态）、即将劈裂的过渡植株（简称 B 状态）、刚开始劈裂但没完全分离的植株（简称 C 状态）和完全劈裂的植株（简称 D 状态）的根、劈裂发生部位（Fissurate part）和叶片，根及劈裂发生部位用冷水冲洗直到无附着土粒，然后用吸水纸吸去附着水分，剪成 5 cm 小段及叶片随即包好放入液氮内固定带回室内分析。

2.2　激素含量的测定

从超低温冰箱（－80 ℃）中取出试验材料，取1 g 样品于研钵中，根及劈裂发生部位加 7 ml 80%的甲醇，叶片加 5 ml 80%的甲醇在冰浴中研磨成匀浆，将匀浆液全部转入离心管中，于 5 000 × *g* 离心 15 min，弃去残渣，上清液过 C-18 固相萃取柱，将过柱后的样品转入 5 ml 塑料离心管中，用氮气吹干，除去提取液中的甲醇，用样品稀释液定容。用酶联免疫吸附测定法按照包被→洗板→竞争→洗板→加二抗→洗板→加底物显色→比色过程测定 ABA、IAA、GA_3 和 ZR 的消光值，分别从 ABA、IAA、GA_3 和 ZR 的标准曲线上查出样品中各类激素的含量。

3　结果与分析

3.1　绵刺体内 ABA 含量的变化

对不同生长状态的绵刺体内 ABA 含量的研究表明，在不同生长状态的绵刺的相同部位上 ABA 含量的变化趋势是不同的，叶片内 ABA 的含量是 C 状态 > A 状态 > B 状态 > D 状态；根部 ABA 的含量是 D 状态 > B 状态 > C 状态 > A 状态；劈裂发生部位 ABA 的含量是 B 状态、C 状态 > A 状态、D 状态。从图 1 中可以看出，在处于劈裂生长不同阶段的绵刺体内 ABA 的含量都有这样的规律，即叶片中 ABA 的含量明显高于根部及劈裂发生部位，这与人们测得的 ABA 在植物体的各个器官中的分布不是均等的，主要存在于叶片内并从合成部位外运的结论相一致（汤菊香等，1996）。从图 1 中还可以看出，4 种生长状态绵刺的叶片内 ABA 的含量在 D 状态内最小，说明绵刺在劈裂发生前对环境的敏感性可能比劈裂后的大。同其它几种激素相比，ABA 在绵刺体内含量最大，这与束怀瑞（1993）提出的在干旱条件下，抑制生长的激素含量高而促进生长的激素含量低的结论一致。劈裂发生前绵刺体内 ABA 的积累，有利于其度过不利的环境条件。

方差分析结果显示,叶片内 ABA 含量在 C 状态与 A 状态之间差异不显著,在其它几种状态之间差异显著;根部 ABA 含量只在 A 状态与 D 状态之间差异显著,其它几种状态间差异不显著;劈裂发生部位 ABA 含量在 B 状态、C 状态与 D 状态间差异显著,其它状态间差异不显著。

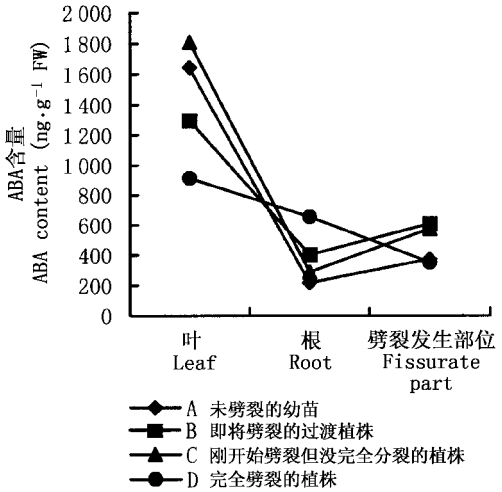

图 1 绵刺(*Potaninia mongolica*)体内 ABA 含量的变化

Fig.1 Changes of ABA content in *Potaninia mongolica*

3.2 绵刺体内 IAA 含量的变化

对不同生长状态的绵刺体内 IAA 含量变化的研究表明,在劈裂生长发生前叶片内 IAA 的积累量大于劈裂生长发生后叶片内的积累量;而在根部和劈裂发生部位则不同,在 4 种状态绵刺的根中 IAA 的含量是 B 状态明显高于其它 3 种状态,在劈裂发生部位也是 B 状态中 IAA 的含量最大,甚至大于任何一种状态、任何部位的 IAA 含量,并且与其它 3 种状态间的差异比叶片间和根部间的差异都大。从图 2 中可以看到,在 B 状态内 IAA 的含量是劈裂发生部位 > 叶片 > 根部,而其它 3 种状态是叶片 > 劈裂发生部位 > 根部,但 D 状态的劈裂发生部位与根部的 IAA 含量差异最小,这一结果说明在劈裂生长发生过程中,IAA 在劈裂发生部位的积累量比根部的多,尤其是在 B 状态的劈裂发生部位中 IAA 的含量最大。由于生长素的作用机理是通过增加细胞壁的可塑性而促进了细胞的纵向伸长,也就是说在劈裂生长发生过程中,劈裂发生部位积累的 IAA 有促进该处细胞生长的作用。

方差分析结果显示,叶片内 IAA 含量只在 C 状态与 D 状态间差异显著,其它状态间差异不显著;根部 IAA 含量在 A 状态、D 状态与 C 状态间差异不显著,在其它状态间差异显著;劈裂发生部位 IAA 含量在 A 状态、C 状态、D 状态与 B 状态间差异显著,在其它状态间差异不显著。

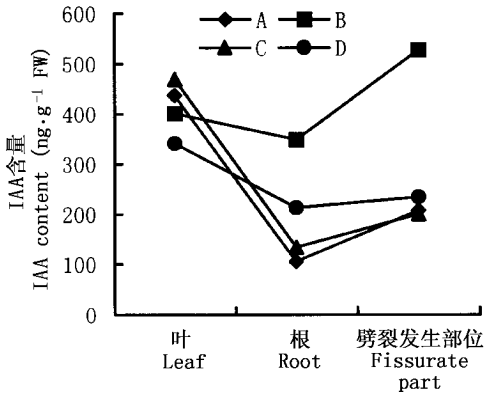

图 2 绵刺(*Potaninia mongolica*)体内 IAA 含量的变化

Fig.2 Changes of IAA content in *Potaninia mongolica*

A、B、C、D:同图 1

3.3 绵刺体内 GA_3 含量的变化

通过对不同生长状态的绵刺体内 GA_3 含量的研究表明,GA_3 在不同生长状态绵刺的相同部位上的含量存在差异,从图 3 中可以看出在 4 种状态的叶片、劈裂发生部位及根部中,叶片内 GA_3 含量最多,叶片内 GA_3 含量的差异也较大,B 状态 > A 状态 > C 状态 > D 状态,并且在 B 状态中 GA_3 的含量是 D 状态中的 2 倍多;在根部 GA_3 的含量是 A 状态内最大,约是 D 状态的 5 倍,而在其它 3 种状态间相差不大;4 种状态在劈裂发生部位中 GA_3 的含量基本相同,不过需要指出的是在 A 状态内 GA_3 的含量是叶片 > 根部 > 劈裂发生部位,而其它 3 种状态体内 GA_3 的含量是叶片 > 劈裂发生部位 > 根部。这一结果说明,在劈裂生长发生过程中 GA_3 在劈裂发生部位积累量大,与 IAA 含量的变化有同步性,王霞等(2000)指出植物体内 GA_3 对 IAA 具有调节作用,在

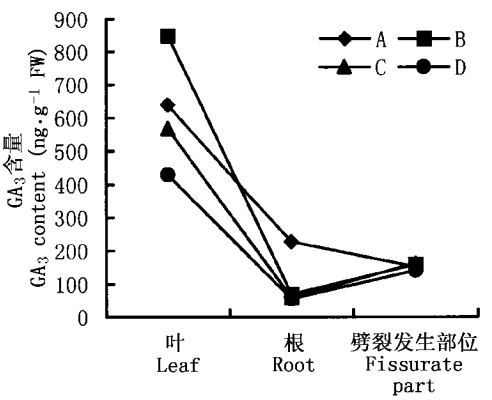

图 3 绵刺(*Potaninia mongolica*)体内 GA_3 含量的变化

Fig.3 Changes of GA_3 content in *Potaninia mongolica*

A、B、C、D:同图 1

干旱条件下 GA_3 含量的增加，相应地也促进 IAA 含量增加，以促进细胞的生长。在与 ZR 的共同作用下调控劈裂发生部位细胞的分裂与生长。

方差分析结果显示，叶片内 GA_3 含量只在 C 状态、D 状态与 B 状态间差异显著，在其它状态间差异不显著；根部 GA_3 含量在 A 状态与 B 状态、C 状态、D 状态间差异显著，在其它状态间差异不显著；劈裂发生部位 GA_3 含量在 A 状态、B 状态、C 状态、D 状态间差异都不显著。

3.4　绵刺体内 ZR 含量的变化

对不同生长状态的绵刺体内 ZR 含量变化的研究表明，4 种生长状态的绵刺体内叶片中 ZR 的含量明显大于地下部位中 ZR 的含量。D 状态的叶片中 ZR 的含量比其它 3 种状态 ZR 的含量要低得多，在 A 状态的叶片内 ZR 的含量最高；在根部 ZR 的含量是 C 状态的最低，其它 3 种状态的基本相同；在劈裂发生部位是 D 状态中 ZR 的含量最低。从图 4 中可以看出，D 状态中 ZR 的含量是叶片 > 根部 > 劈裂发生部位，而其它 3 种状态中 ZR 的含量是叶片 > 劈裂发生部位 > 根部。劈裂生长发生之前，植物体劈裂发生部位的 ZR 含量明显大于根部的含量，B 状态和 C 状态的根部及劈裂发生部位 ZR、IAA、GA_3 3 种激素含量的变化趋势基本相同，即劈裂发生部位的含量 > 根部的含量。说明在劈裂生长发生的过程中，ZR 与 IAA 协调促进劈裂发生部位细胞的生长和分裂。

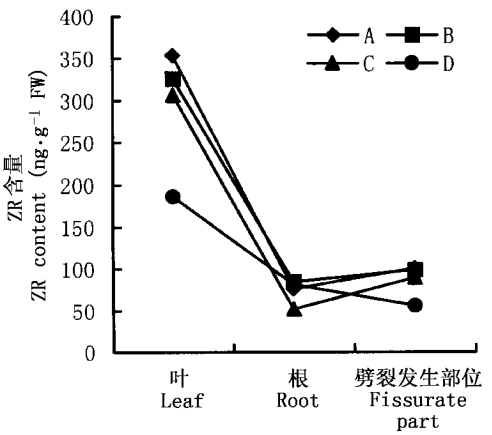

图 4　绵刺（*Potaninia mongolica*）体内 ZR 含量变化的研究

Fig.4　Changes of ZR content in *Potaninia mongolica*

A、B、C、D：同图 1

对 4 种生长状态的绵刺体内从根部向上部运输的 ZR 的比例分析得出，从 A 状态到 D 状态，4 种状态中向叶片运输的 ZR 的比例分别是 66.52%、63.88%、68.32%、57.3%，向劈裂发生部位运输的 ZR 的比例分别是 19.07%、19.44%、20%、17.45%，即随着劈裂生长的发生，植物体从根部向上运输的 ZR 有逐渐降低的趋势，且在劈裂生长发生的过渡阶段，从根部向劈裂发生部位运输的比例最大，这一结果证实了王三根（2000）得出的结论。

方差分析结果显示，叶片内 ZR 含量在 A 状态、B 状态、C 状态与 D 状态间差异显著，在其它状态间差异不显著；根部 ZR 含量在 B 状态与 C 状态间差异显著，在其它状态间差异都不显著；劈裂发生部位 ZR 含量只在 A 状态与 D 状态间差异显著，其它状态间差异都不显著。

4　讨　论

4.1　绵刺的劈裂生长与环境条件的关系

绵刺的无性繁殖主要有两种方式：一种为劈裂式生长，是绵刺自然更新的主要方式；另一种方式是由茎部向地表发生弯曲，被地表浮沙覆盖后由茎尖处长出不定根和不定芽，形成新的植株。一般在资源较贫乏、随机干扰程度高的条件下绵刺以劈裂生长形成的环状集群为主；反之，以枝条下垂形成新植株为主。调查中发现绵刺的劈裂生长也有两种类型，一种是当植株生长到一定阶段时，首先茎从基部到根部发生多次劈裂，使主根形成多条，以后地上的茎部也相应发生分裂而形成多个独立的植株；另一种是茎基部以上的部位先发生纵裂，而根部后发生分离，分裂形成的几个部分由于遇到的小环境不同，有的枯死了，有的存活下来，继续生长，最后形成几个独立的植株，因此，绵刺往往形成环状的集群。对采于不同地段的即将劈裂的过渡状态的植株观察时发现，前一种类型的绵刺多生长在地势相对较高的地段，而后一种类型的绵刺多生长在坡底或地势相对低洼等土壤水分条件相对较好的环境中，这一现象说明水分条件会在一定程度上影响劈裂生长的发生过程，而在土壤水分条件相对较好的情况下，风力和温度等外部条件对地上部分的劈裂起着相当大的作用。

绵刺对雨水的依赖性和敏感性很强，常以“假死”的方式度过不良环境，并保持春、秋两次开花的习性，其种群的繁衍以营养繁殖类型为主，劈裂生长又占有较大的比重，这很可能是其远祖逐渐适应现代荒漠干旱气候条件的结果。此外，劈裂生长是该地区一些强旱生小灌木对干旱环境的一种特殊适应方式，植物体通过对不同的环境条件采用不同的繁殖方式去延续后代、传递基因，这是植物对环境长期

适应的最大保证。虽然劈裂生长的机理问题还在研究之中,但其可能具有重要的生态适应意义,它不仅是一种无性繁殖方式,而且对植物扩展空间、扩大种群、增加繁殖途径、分摊风险、提高适合度等方面具有重要作用,是植物在干旱环境中生存的一种积极的适应。

4.2 4 种内源激素与绵刺的劈裂生长和生态适应性

植物在逆境下的生理代谢变化一直是逆境生理的研究热点。Henkel(1964)指出在环境影响下,旱生植物在进化过程中已形成了一定的形态解剖特征,并借助这些特征在其个体发育中使自己适应干旱,正常生长、发育和繁殖。激素对植物干旱适应的潜在作用已为人们所肯定,目前研究发现,干旱条件下植物的激素合成、配比和运输均发生显著变化,植物激素中 ABA 和 CTK 被认为是植物感知逆境的信息物质,可能影响多种生理过程(Davies & Zhang, 1991)。植物生长调节物质与形态建成之间的关系密切而复杂,由于任何器官的发育都依赖于激素的平衡和有效同化物之间的相互作用,有证据表明,根是感受土壤水分状况的初始部位,随后通过根与地上部分的信息传递,整个植株发生协调性调整,干旱胁迫下根中合成的 ABA 和 CTK 极有可能充当化学"信息"物质,它们在地上和地下部分组织中的拮抗作用和配比平衡,将影响植物的气孔行为、光合作用和形态建成等诸多方面,从而使植物的水分和同化产物利用效率提高,能够在干旱环境下正常生长(Davies *et al*., 1986; Zhang & Davies, 1989)。

王继和等(2000)认为劈裂生长是绵刺长期抵御干旱胁迫而适应生境的结果,但他认为劈根的发生只是由于严重干旱、较大温差以及风蚀沙埋等物理因素作用的结果。而高润宏等(2001)对绵刺克隆生长构型的切片分析发现,绵刺根的不同部位,不同植株的根其劈根出现的年龄不同,他认为这不是遗传因子决定的,而是环境诱导使其生长素或细胞分裂素分布不均所致,而该研究进一步定量地验证了劈裂生长过程中绵刺体内生长素和细胞分裂素分布不均这一结论。通过该文的研究发现外界环境因子如温度、水分及风沙等对劈裂生长的发生有一定的作用,由于在劈裂生长发生之前的绵刺的劈裂发生部位中 IAA、GA_3、ZR 的含量比根部的高,三者协调促进劈裂发生部位细胞的生长和分裂,推测绵刺的劈裂生长与其体内的几种内源激素可能有一定的关系,但仅从不同状态的绵刺体内 4 种内源激素含量的变化还不能看出劈裂生长与它们有怎样的关系。劈裂生长的发生是在内源激素的调节作用下发生的,还是因为劈裂生长发生后改变了植物体组织间的水分分配,进而导致对水分状况敏感的几种内源激素含量发生变化的还有待于进一步的研究。但是与其它 3 种激素相比,绵刺体内 ABA 的积累,对它适应干旱的环境条件起到了一定的调节作用。

5 结 论

通过以上研究发现处于劈裂生长不同阶段的绵刺内源激素含量的变化有如下规律:

1) 4 种内源激素中 ABA 在绵刺体内的积累量最大,叶片中 ABA 的含量明显大于根部和劈裂发生部位。4 种生长状态的绵刺相比,叶片内 ABA 的含量是劈裂前 > 劈裂后;根部与叶片的正好相反,劈裂后的 ABA 含量最大;而劈裂发生部位是即将劈裂的过渡植株、刚开始劈裂但没完全分离的植株 > 未劈裂的幼苗及完全劈裂的植株。

2) 劈裂发生前叶片内 IAA 的含量大于劈裂发生后叶片内的含量;而在根部和劈裂发生部位 IAA 的含量是即将劈裂的过渡植株最大,明显高于其它 3 种状态 IAA 的含量,在劈裂生长发生过程中,劈裂发生部位积累的 IAA 有促进细胞生长的作用。

3) 在 4 种状态的叶片内 GA_3 的含量是即将劈裂的过渡植株最大,是完全劈裂的植株中的 2 倍多;根部 GA_3 的含量在未劈裂的幼苗内最大,与其它 3 种状态相比,完全劈裂的植株中 ZR 的含量最低,其中 ZR 的含量是叶片 > 根部 > 劈裂发生部位,而其它 3 种状态中 ZR 的含量是叶片 > 劈裂发生部位 > 根部;随着劈裂生长的发生,植物体从根部向上运输的 ZR 有逐渐降低的趋势,且在劈裂生长发生的过渡阶段,向劈裂发生部位运输的比例最大。

4) IAA、GA_3、ZR 三者协调促进劈裂发生部位细胞的生长和分裂,而 ABA 的积累对绵刺适应干旱的环境条件起到了一定的调节作用。

参 考 文 献

Davies, W. J. & J. Zhang. 1991. Root signals and the regulation of growth and development of plants indrying soil. Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology, **42**: 55 ~ 102.

Davies, W. J., J. Metcalfe, T. A. Lodge & A. R. Costa. 1986. Plant growth substances and the regulation of growth under drought. Australian Journal of Plant Physiology, **13**: 105 ~ 125.

Gao, Y. (高岩), G. H. Liu (刘果厚), J. X. Wang (王均喜), M. Z. Liu (刘美珍) & W. G. Bu (步文国). 1999. Effect of osmotic stress on activities of protective enzymes of tender branches of *Potaninia mongolica* Maxim. Journal of Arid

Land Resources and Environment (干旱区资源与环境), **13** (3): 89 ~ 93. (in Chinese with English abstract)

Gao, R. H. (高润宏), H. Jin(金洪), W. Zhang(张巍), Z. Dong (董智), G. H. Zhuang (庄光辉) & J. R. Xie (谢君仁). 2001. Patterns of clone growth in a rare and endangered plant *Potaninia mongolica* Maxim. Journal of Arid Land Resources and Environment(干旱区资源与环境), **15**(4): 3 ~ 13. (in Chinese with English abstract)

Henkel, P. A. 1964. Physiology of plants under drought. Annual Review of Plant Physiology, **15**: 363 ~ 386.

Liu, G. H. (刘果厚), X. He (贺晓) & L. Z. Wu (吴丽芝). 1997. Study on the adaptation of *Potaninia mongolica* — the national protective plant. Journal of Neimenggu Forestry College (内蒙古林学院学报), **19**(4): 20 ~ 24. (in Chinese with English abstract)

Shu, H. R. (束怀瑞). 1993. Fruit farming physiology. Beijing: China Agriculture Press. 111 ~ 137. (in Chinese)

Tang, X. J. (汤菊香), Y. F. Gao (高扬帆) & X. Y. Wei (卫秀英). 1996. Application of plant-growth regulators in combat drought of alant. Journal of Henan Vocation-Technical Teachers College (河南职技师院学报), **24**(4): 22 ~ 26. (in Chinese with English abstract)

The Inner Mongolia and Ningxia Research Expedition Team of the Chinese Academy of Sciences(中国科学院内蒙古宁夏综合考察队). 1985. The vegetation of Inner Mongolia. Beijing: Science Press. (in Chinese)

Wang, J. H. (王继和), C. R. Wu (吴春荣) & Q. L. Ma (马全林). 2000. Studies on eco-physiological characteristics of endangered plant *Potaninia mongolica* Maxim. Journal of Desert Research (中国沙漠), **20**(4): 3 ~ 19. (in Chinese with English abstract)

Wang, S. G. (王三根). 2000. Roles of cytokinin on stress-resistance and delay senescence in plants. Chinese Bulletin of Botany (植物学通报), **17**: 121 ~ 126. (in Chinese with English abstract)

Wang, X. (王霞), P. Hou(侯平), L. K. Yin (尹林克), D. Q. Feng (冯大千), B. R. Pan (潘伯荣) & J. Liu (刘君). 2000. Change of hormone of *Tamarix* under slow soil-water stress. Journal of Xinjiang Agricultral University (新疆农业大学学报), **23**(4): 41 ~ 43. (in Chinese with English abstract)

Wang, Y. C. (王迎春), X. C. Qin (秦晓春) & C. Yang (杨持). 2001. Study on microsporogenesis and development of male gametophate in *Poatininia mongolica*. Acta Scientiarum Naturalium Universitatis NeiMongol (内蒙古大学学报), **32**: 453 ~ 456. (in Chinese with English abstract)

Wang, Y. C. (王迎春), H. Tian (田虹) & C. Yang (杨持). 2002. Embryological study on apomixis in *Potaninia mongolica*. Journal of Desert Research (中国沙漠), **22**: 267 ~ 272. (in Chinese with English abstract)

Zhang, J. & W. J. Davies. 1989. Abscisic acid produced in dehydrating roots may enable the plant to measure the water status of the soil. Plant, Cell and Environment, **12**: 73 ~ 81.

责任编委：董 鸣 责任编辑 :姜联合