

干旱对苗木萌芽期水分状况、ABA含量及萌芽特性的影响

孙群¹ 梁宗锁^{1*} 杨建伟² 韩蕊莲¹

(1 西北农林科技大学, 中国科学院水利部水土保持研究所, 陕西杨凌 712100)

(2 南阳师范学院, 河南南阳 473061)

摘要 采用4种常见造林树种沙棘(*Hippophae rhamnoides* L.)、油松(*Pinus tabulaeformis*)、刺槐(*Robinia pseudoacacia* L.)和杨树(*Populus simonii*), 研究水分胁迫下苗木移栽后萌芽过程中体内水分状况与ABA累积关系, 探讨干旱使苗木致死的生理学机制。结果表明, 土壤干旱导致苗木组织含水量、芽体生长速率、萌芽率及成活率显著下降; 各树种在萌芽过程中其芽体和韧皮部中的脱落酸(ABA)含量随土壤干旱程度的加重而升高, 并与苗木组织含水量、萌芽率及成活率呈显著负相关; 抗旱性强的沙棘和油松芽体和韧皮组织中ABA绝对含量比杨树和刺槐高5~10倍左右; 经统计分析发现, 4种苗木的萌芽速度、萌芽率以及移栽成活率均与韧皮部的组织含水量显著相关。

关键词 土壤干旱 苗木萌芽 ABA 成活率

WATER CONTENT ABA AND SPROUT CHARACTER AFTER TRANSPLANTING SEEDLING SOIL UNDER DROUGHT

SUN Qun¹ LIANG Zong_Suo^{1*} YANG Jian_Wei² and HAN Rui_Lian¹

(1 Institute of Soil and Water Conservation, Northwest Science and Technology University of Agriculture and Forestry, the Chinese Academy of Sciences and Ministry of Water Resources, Yangling, Shaanxi 712100, China)

(2 Normal College of Nanyang, Nanyang, Henan 473061, China)

Abstract Relationships among water status, endogenous Abscisic acid (ABA) and sprout rate of 4 species of transplanting seedlings, locust (*Robinia pseudoacacia* L.), Chinese seabuckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.), Chinese pine (*Pinus tabulaeformis*), poplar (*Populus simonii*) were analyzed. The main results are: water deficit made water content, sprout rate, sprout growth rate, and survival rate decrease notably. ABA in bud and phloem of species was increased by soil drought and there were interrelated notable negative relationships between ABA and water content, sprout rate and survival rate. ABA in bud and phloem of seabuckthorn and Chinese pine was 5_10 times higher than in locust and poplar. Statistical analysis revealed interrelated significant relationships between sprout rate, survival rate and phloem water content.

Key words Soil drought, Sprout period, ABA, Survival rate

西北地区自然环境恶劣是人工造林难以成活的主要原因。由于这一地区春季干旱、少雨、多风的气候导致苗木移栽后失水大于吸水, 苗木体内的水分平衡遭到破坏, 生长缓慢, 最终导致造林失败。王俊峰等(2000)研究认为, 苗木在移栽过程中由于具有吸收功能的根毛和幼根大量受损, 造成根系吸水能力显著降低, 在幼芽萌动过程中, 新芽突破附近表皮角质层的保护, 同时会在周围形成伤口, 从而增加了水分的散失, 加速了苗木含水量的下降。于是, 随着茎秆中水分不断减少, 根系吸水能力又尚未恢复, 加之土壤干旱, 苗木得不到充足的水分供应, 苗木便会因

失水过多而死亡。李丽霞等(2001)在研究土壤干旱胁迫下沙棘休眠及萌芽期内源激素变化时指出, 随着苗木含水量的下降, 控制休眠的内源激素ABA含量迅速增加, 而促进沙棘萌芽和生长的GA含量则下降, 从而造成ABA/GA比值增加, 使自然萌动时间推迟。随着春季气温不断回升, 苗木失水量急剧增加, 而此时幼芽的萌动还可以依赖茎部原有水分来维持, 因此芽的生长一般早于根系的恢复生长。随着苗木的生长, 如果得不到及时供水, 苗木往往在萌芽后大量死亡。

本文以沙棘、油松、刺槐和杨树等西北地区造林

的主要树种为研究材料,对干旱条件下苗木移栽后的萌芽过程中苗体内水分状况与 ABA 的变化进行研究,以探讨干旱使苗木致死的生理学机制,为提高造林成活率提供理论依据。

1 材料和方法

1.1 试验材料与土壤水分胁迫处理

供试树种 4 个,分别是杨树(*Populus simonii*)、中国沙棘(*Hippophae rhamnoides* L.)、刺槐(*Robinia pseudoacacia*)和油松(*Pinus tabulaeformis*),所有苗木均为 1 年生实生苗,沙棘由中国科学院安塞生态试验站提供,其余苗木由西北农林科技大学林学院苗圃提供。试验用土为陕北安塞的黄绵土,田间最大持水量 21.5%。设置 3 种土壤含水量水平,分别为田间最大持水量(θ_f)的 70%、55%和 40%。各处理分别重复 5 盆,每盆杨树 2 株,刺槐 3 株,沙棘和油松各 6

株。2001 年 3 月 6 日移栽,从移栽次日起用称重法控制土壤含水量,栽培盆放置在西北农林科技大学水土保持研究所防雨棚内,雨天用防雨棚遮雨,晴天露地生长。根据萌芽及生长情况,每隔 3~7 d 取样测定各项指标,直到叶片展开为止。实验结束时统计萌芽率和成活率。

1.2 测定项目及方法

1.2.1 萌芽过程内源 ABA 含量的变化

取茎杆中部的芽和韧皮,迅速称取鲜重后,放入 3 ml 80% 甲醇中,于 -40 °C 低温保存,待全部样品取完后用酶联免疫吸附检测法(ELISA)测定。ABA 测定用的 ELISA 试剂盒由南京农业大学激素研究室提供。

1.2.2 幼芽生长量及生长速率的测定

移栽后各处理选择有代表性的树苗 3 株,挂牌定点用毫米刻度尺测量,并结合取样时所称取的鲜

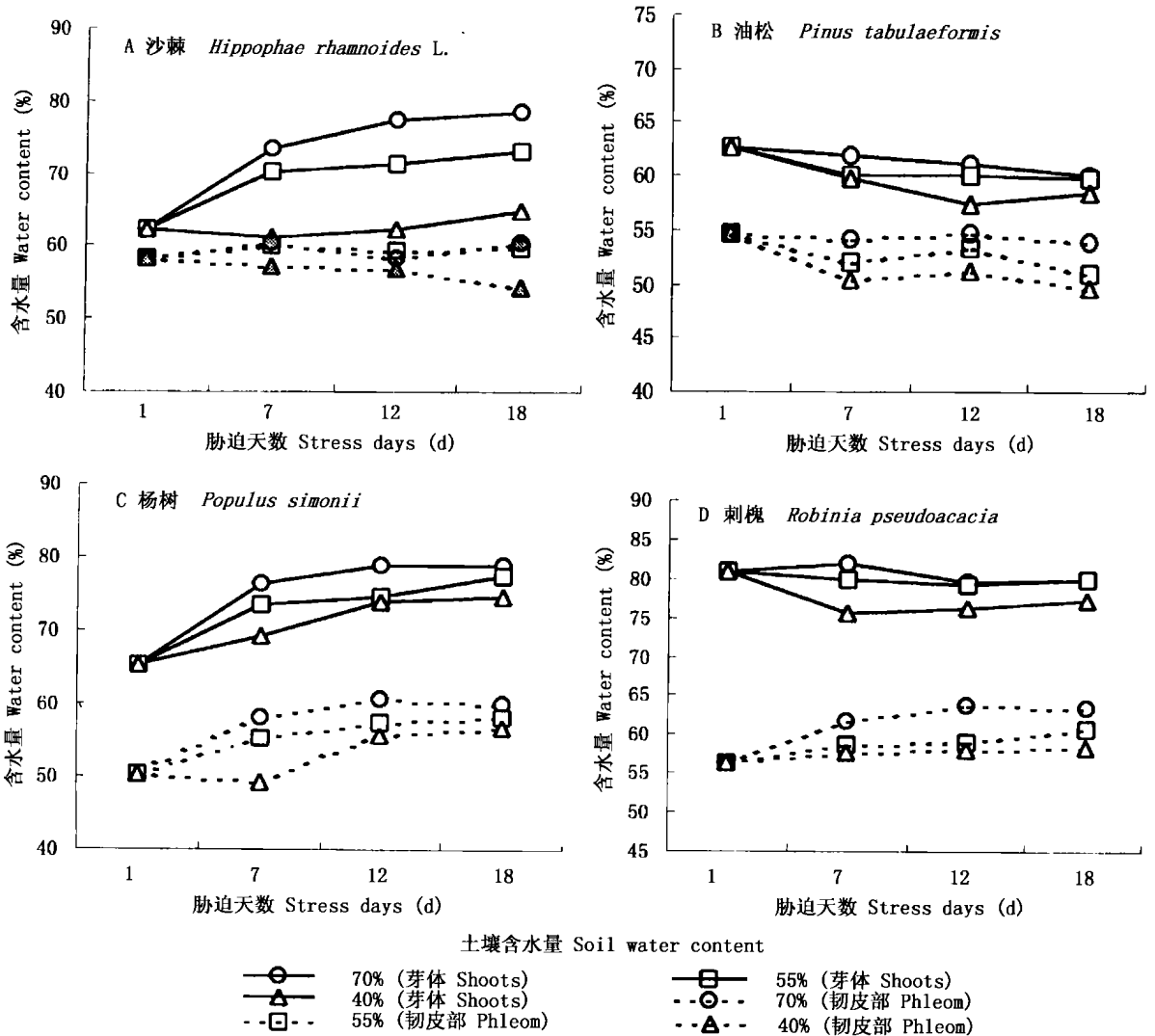


图 1 水分胁迫对苗木组织含水量的影响

Fig. 1 Changes of water content in seedling under different soil water stress

重计算单个芽重; 组织含水量用烘干称重法。萌芽时间记录从第一个休眠芽开始萌动到萌芽率达到 50% 的天数, 萌芽率为萌动芽数占总休眠芽的百分比。

2 结果与分析

2.1 土壤干旱条件下苗木组织含水量的变化

4 种苗木移栽后其芽体和韧皮部的组织含水量都随着土壤干旱程度的加重而降低(图 1), 但在整个萌芽过程中各组织含水量变化趋势比较平缓。4 个树种芽体组织含水量都明显高于韧皮部, 在不同水分处理下芽体和韧皮组织之间差异不显著; 在同样水分胁迫下不同树种各部位的组织含水量则有明显差异。其中刺槐芽体含水量最高, 其次为油松、杨树和沙棘。这一结果主要反映了不同树种自身的抗旱特性和旱生结构对组织含水量的变化具有重要意义(郑希伟, 1990)。韧皮部的组织含水量为: 沙棘 > 油松 > 刺槐 > 杨树。

2.2 苗木移栽后 ABA 含量的变化

图 2 的结果表明, 苗木在萌芽过程中体内 ABA 含量变化的总趋势是随着萌发进程而逐渐下降的, 在移栽后的 1 周内, 各树种芽体和韧皮部中的 ABA 含量有所上升, 此后随萌芽进程而逐渐下降。在 4 个树种中, 沙棘和油松芽体中的 ABA 含量高于韧皮部, 而杨树和刺槐芽体与韧皮部的含量基本相当。正常水分处理 ABA 含量低于水分胁迫处理, 严重胁迫处理芽体内 ABA 含量最高。不同树种之间 ABA 含量的变化存在着较大差异, 其中沙棘和油松苗木中 ABA 含量比杨树和刺槐高 5~10 倍左右, 而且在萌芽过程中下降速度比较缓慢, 这一结果与组织含水量的变化和生长速率变化结果一致。

2.3 土壤干旱对苗木萌芽时间和萌芽率的影响

正常水分条件下, 几种苗木从开始萌芽到萌芽率为 50% 的时间一般为 4~6 d(表 1), 轻度水分胁迫时对沙棘、油松和杨树影响较小, 萌芽速率与正常水分处理接近, 而刺槐比对照推迟 3 d。在 40% 的

表 1 水分胁迫对苗木萌芽进度的影响
Table 1 Effect of water stress on sprout rate of seedling

水分处理 Water treatments	萌芽时间 Sprout time(d)			
	沙棘 ¹⁾	油松 ²⁾	杨树 ³⁾	刺槐 ⁴⁾
70% 0f	5	5	5	6
55% 0f	5	6	5	9
40% 0f	8	9	8	11

1) *Hippophae rhamnoides* L. 2) *Pinus tabulaeformis* 3) *Populus simonii* 4) *Robinia pseudacacia* L. 0f: 表示田间最大持水量

重度胁迫下, 沙棘、油松和杨树萌芽时间推迟 3~4 d, 刺槐则推迟 6 d。水分胁迫不但使苗木萌芽时间推迟, 而且使萌芽率和成活率也有所下降。

从表 2 可以看出, 在正常水分条件下萌芽率一般在 70% 左右, 杨树和刺槐高于沙棘, 分别为 74.2% 和 75.1%, 轻度胁迫一般使萌芽率下降 10% 左右, 其中刺槐下降幅度较大, 为 15.1%, 杨树下降 11%, 沙棘下降最少, 为 6.6%, 在重度胁迫下, 杨树和刺槐的萌芽率分别比对照下降了 31% 和 33%, 沙棘下降 25.4%。

2.4 芽体中 ABA 含量与萌芽率和成活率的关系

图 2 表明, 在苗木移栽后的 7 天内 ABA 含量上升, 随后逐渐下降, 但水分胁迫后幼芽和韧皮部 ABA 含量都明显高于正常水分的芽体和韧皮部。以沙棘和油松最高。4 种苗木的 3 种水分处理下萌芽和芽体生长情况也可以明显看出, ABA 是苗木水分下降后抑制萌芽的内在原因。如表 3 各树种芽体内的 ABA 含量与芽体组织含水量和芽体生长速率之间呈显著负相关, 其相关系数在 -0.8~-0.9, 说明 ABA 的累积与水分胁迫直接相关。同时组织含水量的高低又直接影响着芽体的生长速率。苗木移栽后, 其幼芽和韧皮部的 ABA 含量变化与苗木体内水分状况、萌芽率及移栽成活率等之间显著相关。

3 讨论

苗木在土壤水分亏缺条件下移栽成活率低的主要原因是苗木的水分平衡遭到破坏(胡新生等, 1998), 在根系尚未恢复吸收功能的情况下, 土壤干旱水分供应不足, 最终使苗木失水致死。我们所进

表 2 水分胁迫对苗木萌芽率和成活率的影响(%)
Table 2 Effect of water stress on bud break rate and survival rate (%)

	70% 0f		55% 0f		40% 0f	
	萌芽 ⁵⁾ (%)	成活 ⁶⁾ (%)	萌芽 ⁵⁾ (%)	成活 ⁶⁾ (%)	萌芽 ⁵⁾ (%)	成活 ⁶⁾ (%)
沙棘 ¹⁾	66.8	92.6	62.4	90.0	53.9	87.3
油松 ²⁾	94.1	94.1	84.6	84.6	83.3	83.3
杨树 ³⁾	74.2	100	66.1	100	51.4	71.4
刺槐 ⁴⁾	75.1	85.7	67.8	78.6	50.3	38.8

1)~4)、0f: 同表 1 See Table 1 5) Sprout percent 6) Survival rate

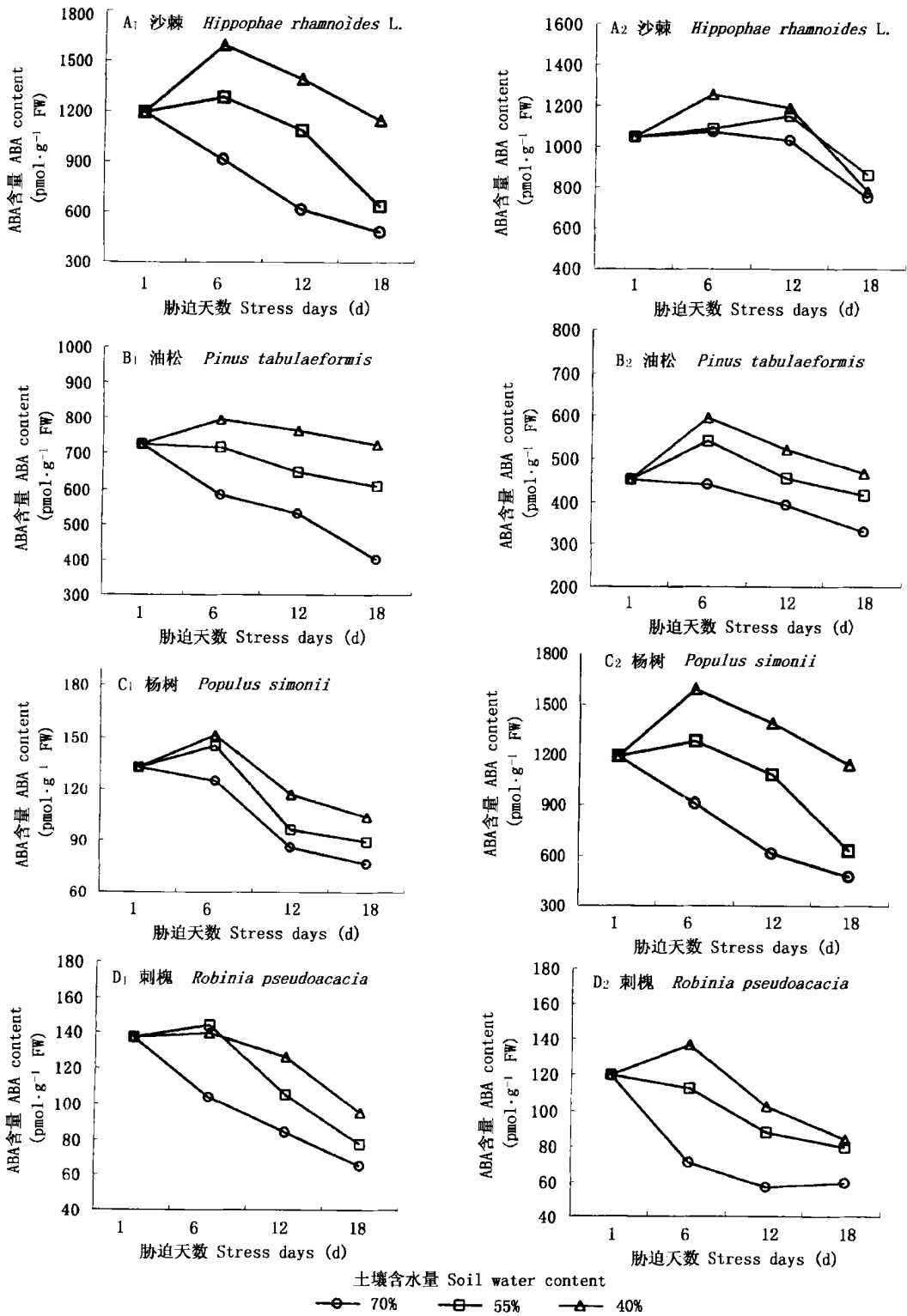


图2 萌芽期 ABA 含量的变化

Fig.2 Change of ABA content in sprout period

A₁、B₁、C₁、D₁: 芽体 Shoots A₂、B₂、C₂、D₂: 韧皮部 Phloem

行的 4 个树种研究表明, 苗木移栽后芽体和韧皮组织的含水量变化不同, 4 个树种芽体中的组织含水量都明显高于韧皮部。同时土壤干旱对不同树种的影响也存在着较大差异, 从芽体和韧皮部的组织含

水量来看, 沙棘和油松的芽体与韧皮部含水量比较接近, 而杨树和刺槐韧皮部的组织含水量就远低于芽体。这与它们各自的解剖结构特点有关, 在同样土壤水分亏缺条件下 4 个树种之间的生物学差异明

表 3 苗木中 ABA 含量与几种生理指标的相关性(r)
Table 3 Interrelationship of ABA with physiological index of sprout rate, sprout growth rate, survival rate etc (r)

项目 Item	萌芽进度 Sprout rate	芽体生长速率 Sprout growth rate	萌芽率 Sprout percent	成活率 Survival rate
沙棘 ¹⁾	芽 ⁵⁾	- 0.9920**	- 0.9843**	- 0.8176*
	韧皮部 ⁶⁾	- 0.7645*	- 0.9994**	- 0.9827**
油松 ²⁾	芽 ⁵⁾	- 0.9891**	- 0.9959**	- 0.6298
	韧皮部 ⁶⁾	- 0.9966**	- 0.9961**	- 0.9535**
杨树 ³⁾	芽 ⁵⁾	- 0.9999**	- 0.9939**	- 0.8388**
	韧皮部 ⁶⁾	- 0.9343**	- 0.8797**	- 0.9878**
刺槐 ⁴⁾	芽 ⁵⁾	- 0.8715**	- 0.9839**	- 0.7374**
	韧皮部 ⁶⁾	- 0.9987**	- 0.9116**	- 0.9668**

1)~ 4): 同表 1 See Table 1 5) Bud 6) Phloem * : $p < 0.05$ ** : $p < 0.01$

显。李多伟(1996)研究刺槐幼芽表面的角质层、蜡质和表皮毛等保护物质较少,因此芽体必须保持较多的水分才能维持其正常的生命活动,而沙棘幼芽表面有很厚的表皮毛和密纹角质层覆盖。杨树则有许多表皮毛和蜡质覆盖在表皮之上,这些物质如同在贴近表皮处形成了一个特殊的“微气候区”,可以有效防止水分蒸发,抵抗不良环境对苗木所造成的水分胁迫(刘怀德,1988;李丽霞等,2001)。在以上4个树种中,沙棘的皮层和薄壁组织发达,细胞壁厚,其韧皮部与木质部的比例高(孟丽等,1994),这样可以进一步保持较多的水分,油松也具有类似的特点(唐季林等,1992),因而芽体含水量与韧皮部比较接近(图 1A、B),而杨树和刺槐的韧皮部则不具备这些优势,因此其韧皮部与芽体的含水量差距明显加大(图 1C、D)。这可能也是在土壤水分亏缺条件下沙棘和油松移栽成活率高的原因之一。

研究发现水分胁迫下苗木移栽后出现一系列的变化:首先,水分胁迫使芽体和韧皮部的组织含水量明显低于适宜水分条件下;其次,在移栽后的1周内4个树种的中度和重度水分胁迫的芽体和韧皮部中的ABA含量都有明显升高,而在适宜水分下芽体和韧皮部中的ABA含量在移栽后都随着气温的升高和萌芽的进程而逐渐降低;由此说明,水分胁迫促进了移栽苗木体内ABA的合成增加,从而使萌芽速度、萌芽率和芽体生长速率都明显低于适宜水分条件下,这与其它植物处在生长过程中的反应相同(Fort *et al.*, 1997; Loewenstein & Pauardy, 1998)。李丽霞等(2001)研究栽植1年后的沙棘实生苗,经冬季休眠后在春季萌芽过程中,土壤干旱导致含水量下降,从而引发ABA的大量合成,因而抑制了春季日照延长和温度升高引起的ABA含量下降,造成苗木萌芽受阻或萌芽后不能正常生长的内在生理原因。我们所进行的4个树种苗木移栽后ABA与各项生理指标的相关分析,结果也进一步说明芽体和韧皮

部中的ABA含量与萌芽速度、萌芽率和芽体生长速率之间存在着显著的负相关。由此证明,土壤水分亏缺导致的苗木体内ABA含量升高是苗木移栽成活率低下的内在生理原因。

参 考 文 献

- Fort, C., M. L. Fauveau & F. Muller. 1997. Stomatal conductance, growth and root signaling in young oak seedling subjected to partial soil drying. *Tree Physiology*, **17**: 281~ 289.
- Hu, X.S.(胡新生) & S. J. Wang(王世绩). 1998. A review of studies on water stress and drought tolerance in tree species. *Scientia Silvae Sinicae* (林业科学), **34**: 77~ 78. (in Chinese)
- Li, D.W.(李多伟). 1996. Study on relation between nutritional organ and its environment in seabuckthorn. *Journal of Northwest University, Natural Science Edition* (西北大学学报(自然科学版)), **26**: 247~ 249. (in Chinese)
- Li, L.X.(李丽霞), Z.S. Liang(梁宗锁) & R.L. Han(韩蕊莲). 2001. Effect of soil drought on endogenous hormone and sprout character in dormancy and sprout period of seabuckthorn seedling. *Scientia Silvae Sinicae* (林业科学), **37**(5): 35~ 40. (in Chinese)
- Liu, H. D.(刘怀德). 1988. Study of seabuckthorn epidermis hair. *Forest Science and Technology* (林业科技通讯), **12**: 26~ 27. (in Chinese)
- Loewenstein, N. J.& S. D. Pauardy. 1998. Drought tolerance, xylem sap ABA and stomatal conductance during soil drying: a comparison of canopy trees of three temperate deciduous angiosperms. *Tree Physiology*, **18**: 431~ 439.
- Meng, L.(孟丽), Z. Y. Feng(冯振莹) & S. Y. Zhang(张顺英). 1994. The relation of study on seabuckthorn second construction and ecological habits. *Journal of Henan Agriculture University* (河南农业大学学报), **28**: 278~ 280. (in Chinese)
- Tang, J.L.(唐季林) & H. C. Xu(徐化成). 1992. Comparative research on the water potential and transpiration rate of Chinese pine plantation from different provenances in Beijing. *Acta Phytocologica et Geobotanica Sinica* (植物生态学与地植物学学报), **16**: 97~ 106. (in Chinese)
- Wang, J.F.(王俊峰), M. Shi(史敏) & Z.S. Liang(梁宗锁). 2000. On water balance to bring soil and water erosion in control by biological measures. *Acta Botanica Boreali-Occidentalia Sinica* (西北植物学报), **20**: 1131~ 1135. (in Chinese)
- Zheng, X.W.(郑希伟). 1990. Study on drought construction of chief afforestation tree in west Liaoning. *Liaoning Forestry Science and Technology* (辽宁林业科技), (4): 12~ 14. (in Chinese)

责任编辑: 蒋高明 责任编辑: 张丽赫