

## 抗蒸腾剂在林业上的应用研究进展与展望

冯建灿<sup>1</sup>, 郑根宝<sup>1,2</sup>, 何威<sup>1</sup>, 毕会涛<sup>1</sup>, 林春阳<sup>3</sup>

(1. 河南农业大学林学院园艺学院, 河南 郑州 450002;

2. 登封电厂集团有限公司, 河南 登封 452470; 3. 郑州市市政工程勘测研究院, 河南 郑州 450000)

**摘要:**对抗蒸腾剂在林业上的最新应用研究成果进行了综述,介绍了抗蒸腾剂在林业上的应用基础研究情况,包括施用抗蒸腾剂后对林木蒸腾速率、光合速率、叶水势、叶绿素含量变化等机体生理生化反应的影响以及对林木干旱胁迫后应答物质含量方面的影响;同时介绍了抗蒸腾剂在提高造林成活率和大树移栽成活率、提高林木抗逆性、提高果实产量、改善果实品质、防治病虫害、以及花卉和果品保鲜等林业生产应用方面上的应用效果;并对未来一段时期抗蒸腾剂在林业上的应用研究中需解决的问题进行了阐述。

**关键词:**抗蒸腾剂;林木蒸腾速率;光合速率;叶水势;叶绿素含量

**中图分类号:**S715.4 **文献标识码:**A

### Progress and Prospects for Application of Antitranspirant in Forestry

FENG Jian-can<sup>1</sup>, ZHENG Gen-bao<sup>1,2</sup>, HE Wei<sup>1</sup>, BI Hui-tao<sup>1</sup>, LIN Chunyang

(1. Forestry and Horticulture College of He'nan Agriculture University, Zhengzhou 450002, He'nan, China;

2. Dengfeng Power Factory Co. Ltd., Dengfeng 452470, He'nan, China; 3. Zhengzhou Civil Engineering Survey Research Institute, Zhengzhou 450000, He'nan, China)

**Abstract:** The latest research on the application of antitranspirant in forestry was reviewed, including the effects of applying antitranspirant on some physiological and biochemical mechanisms of trees such as transpiration rate, photosynthetic rate, leaf water potential, changes of chlorophyll content, etc. and on the contents of chemicals responding to drought stress. At same time, the authors described the effects of applying antitranspirant on increasing survival rate of afforestation and big tree transplanting, improving tree's resistibility to stress, promoting the yield and quality of fruits, disease and insect controlling and keeping fresh of flowers and fruits products. The problems existed in the application of antitranspirant in forestry were also discussed.

**Key words:** antitranspirant; transpiration; photosynthetic rate; leaf water potential; chlorophyll content

抗蒸腾剂(antitranspirant)是指作用于植物叶表面,能降低蒸腾强度,减少水分散失的一类化学物质。

依据不同抗蒸腾剂的作用方式和特点,可将其分为三类:①代谢型(Metabolic Antitranspirant),也称气孔抑制剂(Stoma Closing Compounds)。其作用于气孔保卫细胞后,可使气孔开度减少或关闭气孔,增大气孔蒸腾阻力,从而降低水分蒸腾量。常见的代

谢型抗蒸腾剂有 Phenyl mercuric acetate (PMA, 苯汞乙酸)、ABA(脱落酸)、阿特拉津、甲草胺、FA(黄腐酸)等。②成膜型(Film-forming Antitranspirant),成份为一些有机高分子化合物,喷布于叶表面后形成一层很薄的膜,覆盖在叶表面,降低水分蒸腾。当前常见的成膜型抗蒸腾剂有:Wilt-Pruff、Vapor Gard、Mobileaf、Folicote、Plantguard、十六烷醇乳剂、氯乙烷二十二醇等(均为商品名)。③反射型(Reflecting

Antitranspirant), 此类物质用以喷施到叶片的上表面后, 能够反射部分太阳辐射能, 减少叶片吸收的太阳辐射, 从而降低叶片温度, 减少蒸腾。常见的反射型抗蒸腾剂有高岭土 (Kaoline) 和高岭石 (Kaolinite)<sup>[1]</sup>。

世界范围内的抗蒸腾剂研究工作在上世纪 50 年代初逐渐开展起来, 不同时期的研究者对 100 余种药剂进行了实验筛选, 被认为有明显抑制蒸腾效果的大约有 20 种左右, 并由此逐渐形成了黄腐酸、高岭土、高岭石、CCC、2,4-D、Wilt Pruf、Vapor Gard、Transfilm 和 Folicote 等为主的抗蒸腾剂产品系列<sup>[2]</sup>。特别是黄腐酸 (FA), 作为抗蒸腾剂的突出代表, 经过上世纪 80 年代的“抗旱剂一号”到后来的“FA 旱地龙”以及 90 年代中期的“农气一号”等黄腐酸产品的名称及剂型转变后, 其研究和生产应用规模处于国际先进水平<sup>[3~5]</sup>。

目前, 抗蒸腾剂的应用研究主要针对粮食作物、蔬菜、瓜果等农作物进行<sup>[6]</sup>, 在林业上的应用研究则起步较晚。抗蒸腾剂在干旱半干旱地区造林上已初步表现出良好的应用效果, 但在林业方面的应用研究上, 尚缺乏对抗蒸腾剂研究的综合报道, 尤其缺乏对抗蒸腾剂应用研究的最新报道, 本文结合抗蒸腾剂在林业上的最新研究进展, 对抗蒸腾剂在这方面的研究成果予以综述。

## 1 抗蒸腾剂在林业上的应用基础研究

抗蒸腾剂在林业上的应用基础研究主要集中在林木施用抗蒸腾剂前后的机体生理生化反应上, 包括其对林木蒸腾速率、光合速率、叶水势变化、叶绿素含量以及林木干旱胁迫后应答物质含量方面的影响。

### 1.1 对蒸腾速率的影响

在抗蒸腾剂对植物蒸腾速率影响研究中, Davenport 与 Hagan<sup>[8]</sup>用丁二烯丙烯酸对欧洲白桦 (*Betula pendula* Roth.)、小叶椴 (*Tilia amurensis* Rupr.)、挪威槭 (*Acer platanoides* L.)、钻天杨 (*Populus nigra* var. *italica* (Moench.) Koehne) 等树苗进行处理, 结果表明叶片上形成的薄膜可使蒸腾在 8 ~ 12 d 内下降 30% ~ 70%<sup>[7]</sup>; A. C. Handique 等用 3 种不同的抗蒸腾剂 (ABA、Antistress、Rallidhan) 对茶树 (*Camellia sinensis* (L.) O. Kuntze) 进行的盆栽和大田试验均表明, 在大田试验中, 不同浓度的抗蒸腾剂, 能够提高无性系老树梢的气孔扩散阻力, 平均降低蒸

腾速率 20% 以上; 赵文义<sup>[9]</sup>用不同的抗蒸腾剂对白榆 (*Ulmus pumila* L.) 进行试验, 表明脱落酸、赛力散 (主要成份为 PMA) 和十六烷醇乳剂等抗蒸腾剂均对白榆蒸腾强度有较强的抑制作用, 各处理大致能比对照降低蒸腾强度 50% 左右。师素恩<sup>[10]</sup>对抗蒸腾剂在苹果 (*Malus pumila* Mill.) 试管苗移栽中的应用研究表明, 移栽后立即喷洒抗蒸腾剂, 能显著抑制气孔开张, 降低蒸腾速率, 提高移栽成活率。冯建灿等<sup>[11]</sup>在干旱胁迫条件下, 用抗蒸腾剂对喜树 (*Campototheca acuminata* Decne.) 进行处理, 结果发现, 抗蒸腾剂能有效地抑制喜树的蒸腾作用, 并随着时间而增加, 但降幅减小, 在整个过程中, 抗蒸腾剂表现出抑峰作用。

关于抗蒸腾剂对植物蒸腾速率影响的机理, 大多学者认为是药剂处理植株后, 调节了气孔的开闭状况, 进而影响了植物的蒸腾。滕元文等<sup>[12]</sup>进行的几种抗蒸腾剂在杏树 (*Armeniaca vulgaris* Lam.) 上的作用效果的试验结果表明: 一定浓度的亚硫酸氢钠、氯化钙、醋酸、8-羟基喹啉从喷后第二天起 3 d 内均显著抑制气孔开张。Steven C. Grossnickle 等<sup>[13]</sup>研究了 ABA 减轻云杉 (*Picea asperata* Mast.) 移栽胁迫的作用机理, 结果表明 ABA 可以通过减小叶片气孔的开张度来维持植株体内的水分平衡, 进而减轻移栽后环境胁迫的影响, 提高移栽成活率。对抗蒸腾剂在苹果 (*Malus pumila* Mill.) 试管苗移栽中的应用研究也表明, 移栽后立即喷洒抗蒸腾剂, 能显著抑制气孔开张<sup>[10]</sup>。有人发现抗蒸腾剂就是通过减小气孔的开张程度来减少水分散失, 提高植物抵御干旱能力<sup>[11]</sup>。通过对冬青 (*Ilex purpurea* Hassk.) 叶面喷施亚硫酸氢钠, 也证实其对植物叶片气孔开度的调节作用<sup>[14]</sup>。

### 1.2 对水势的影响

抗蒸腾剂对林木水势变化方面的研究一致认为, 抗蒸腾剂能提高植物的水势。滕元文等<sup>[2]</sup>进行了几种抗蒸腾剂在杏树 (*Armeniaca vulgaris* Lam.) 上的作用效果的实验。认为亚硫酸氢钠、氯化钙、农用矮壮素 (CCC) 对蒸腾的抑制效应随浓度增大而加强, 3 种制剂均可使叶水势显著提高。夏阳<sup>[15]</sup>对苹果树叶面喷施抗蒸腾剂, 测得抗蒸腾剂对叶水势提高 0.2 ~ 0.4 MPa, 最大差别近 0.7 MPa。A. C. Handique<sup>[8]</sup>的茶树盆栽试验也证实了抗蒸腾剂可以提高植株的水势。

### 1.3 对光合速率的影响

抗蒸腾剂在对植物光合作用影响的研究方面,

存在着两种不同的看法。有人认为抗蒸腾剂能提高叶片的净光合速率<sup>[14,16]</sup>。另一种意见认为,抗蒸腾剂在减少水分损失的同时,降低了蒸腾速率,从而影响植株的光合作用<sup>[11]</sup>。也有研究表明抗蒸腾剂能提高根系活力,促进植物生长<sup>[16]</sup>。在干旱条件下,生化黄腐酸能促进植物生长发育,使植株生长健壮,提高其抗旱能力<sup>[17,18]</sup>。有报道指出抗蒸腾剂石蜡能通过保水作用、绝缘作用和防腐作用促进毛白杨(*Populus tomentosa* Carr.) 插穗皮部生根<sup>[19]</sup>。

#### 1.4 对叶绿素含量的影响

在林木叶绿素含量变化方面,用不同浓度的脱落酸处理不同苗木,银中杨(*Populus alba* L. × *P. berolinensis* Dipp.) 表现出高浓度脱落酸处理可增加苗木叶片叶绿素含量,而低浓度处理则降低苗木叶片叶绿素含量,并以浓度为  $4 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$  的脱落酸对提高银中杨苗木叶绿素含量效果最明显。不同浓度脱落酸处理对白榆和白桦(*Betula platyphylla* Suk.) 苗木叶片叶绿素含量的影响规律性不太明显、波动性较强,但均表现出不同程度的促进作用:浓度  $3 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$  时对提高白榆苗木叶绿素含量效果较为明显,浓度为  $2 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$  时对提高白桦苗木叶绿素含量效果较为明显<sup>[20]</sup>。

黄腐酸处理对各树种苗木叶绿素含量的影响差异较大。从各树种苗木叶绿素含量的平均值看,黄腐酸处理对白榆和白桦苗木叶绿素含量提高有促进作用,且白榆效果最好。银中杨苗木在试验浓度处理范围内对苗木叶片叶绿素含量无促进作用。经过浓度为  $650 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$  的黄腐酸处理对提高白榆苗木叶绿素含量具有明显的促进作用<sup>[20]</sup>。

总之,抗蒸腾剂通过调节植物气孔开度,降低了蒸腾速率,增加净光合作用,提高植物的水势,调节叶片叶绿素含量等种种方式,改变了树木的水分状况,增强了其抵御干旱环境的能力。

#### 1.5 对干旱胁迫应答物质含量的影响

对林木喷洒不同抗蒸腾剂处理后表现出的林木干旱胁迫应答物质含量变化进行研究与分析,以期发现其内在变化规律,也是一个重要的研究方向。主要研究的物质有游离脯氨酸(Pro)、丙二醛(MDA)、可溶性蛋白等干旱胁迫应答物质,试验得到的结果因抗蒸腾剂种类差异、树种差异、浓度差异等而有所不同。

抗蒸腾剂可以提高叶片脯氨酸含量,现有研究均证明了这一点。冯建灿等<sup>[11]</sup>对喜树进行干旱胁迫

、施用抗蒸腾剂(Vaporguard) + 干旱胁迫及浇水对照等3种不同处理后的研究表明:抗蒸腾剂的使用虽不能完全阻止由于干旱胁迫对喜树造成的叶片内游离脯氨酸含量的升高,但减缓了其上升幅度。喷洒抗蒸腾剂后,经过12 d 干旱胁迫,细胞内脯氨酸含量虽高于对照(浇水),但细胞内脯氨酸含量的上升幅度与完全的干旱胁迫相比增幅较小。姜中珠<sup>[20]</sup>用不同浓度的多效唑、黄腐酸、脱落酸对白榆、银中杨、白桦共3个树种的2年生苗木进行处理后测定分析,得出多效唑、黄腐酸、脱落酸均能不同程度地提高叶片脯氨酸含量,但对各树种苗木的影响程度不同。

同时,抗蒸腾剂的使用对叶片细胞内MDA含量会产生一定的影响。干旱胁迫与喷洒抗蒸腾剂处理对喜树碱含量的影响研究表明:喷洒抗蒸腾剂后叶片细胞内MDA含量水平略高于空白对照,但低于干旱胁迫下叶片中的含量,说明在一定时间内,抗蒸腾剂对叶片具有保护作用<sup>[11]</sup>。用不同浓度的多效唑、黄腐酸、脱落酸对银中杨、白榆、白桦苗木进行处理后,测定分析认为:多效唑具有降低银中杨苗木丙二醛含量的作用,并以浓度为  $500 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$  的处理作用效果最好。黄腐酸对白桦苗木的丙二醛含量升高具有一定的抑制作用,而对银中杨和白榆苗木丙二醛含量的累积则产生了一定的促进作用。脱落酸处理对试验苗木的丙二醛含量的影响无明显规律性<sup>[20]</sup>。

在林木可溶性蛋白含量指标的测定方面,种类及浓度合适的抗蒸腾剂对林木可溶性蛋白含量的下降具有一定的抑制作用。姜中珠的试验结果表明,不同浓度多效唑处理对试验苗木的可溶性蛋白含量的下降具有一定的抑制作用,不同树种表现出抑制作用的差异和各自的规律性:从平均值分析,多效唑对苗木可溶性蛋白含量的影响以银中杨效果最好,平均比对照相对提高了83.64%;其次为白榆,平均比对照相对提高了62.50%;而对白桦苗木可溶性蛋白含量的下降未表现出抑制作用。黄腐酸对林木可溶性蛋白含量的变化也具有不同程度的影响:浓度为  $850 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$  时,具有显著抑制银中杨苗木可溶性蛋白含量下降的作用; $650 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$  的浓度时对抑制白榆苗木可溶性蛋白含量下降的作用最明显;而不同浓度黄腐酸处理的白桦苗木可溶性蛋白含量虽均比对照高,但各种处理浓度之间的作用效果无明显差异。脱落酸处理对试验苗木的可溶性蛋白含量的下降同样具有抑制作用:从各树种苗木可溶性蛋

白含量的平均值分析,白榆效果最好,平均比对照提高了337.50%,白桦次之,提高了112.50%,银中杨提高较少,提高了20.00%。浓度为 $2\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 的脱落酸具有显著抑制银中杨苗木可溶性蛋白含量下降的作用,而浓度为 $4\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 的脱落酸对白桦苗木及白榆苗木可溶性蛋白含量下降的作用最大<sup>[20]</sup>。

## 2 抗蒸腾剂在林业生产上的应用效果

抗蒸腾剂在促进林木树体状况恢复(提高造林成活率和大树移栽成活率等),提高林木抗逆性上的应用,是抗蒸腾剂发挥应用效果的主要方向。除此之外,抗蒸腾剂在提高果实产量、改善果实品质、防治病虫害、花卉及果品保鲜中也有一定的生产应用。

### 2.1 提高造林或移植苗木成活率

早在20世纪70年代,抗蒸腾剂就在造林中得到了初步应用。有报道指出,抗蒸腾剂在造林和树苗移栽中具有重要作用。Davenport等人将薄膜型抗蒸腾剂CS-6432以1.5%的浓度喷施于油橄榄(*Olea europaea* L.)上,分析认为抗蒸腾剂处理的效果相当于一次灌溉的效果。他们还在欧洲夹竹桃(*Nerium oleander* L.)上应用CS-6432,认为其效果可以使灌溉推迟两周<sup>[7]</sup>。李建国等<sup>[21]</sup>报道了抗蒸腾剂在园林绿化苗木移栽中的应用。一些学者报道将抗蒸腾剂应用在大树移栽中,可以有效避免大树移栽过程中高强度修枝对大树造成的树体破坏,使原有的树体景观效果得以维持,取得了良好的效果<sup>[22,23]</sup>。

抗蒸腾剂在提高苗木成活率(存活率)中应用也有诸多报道。对于植物试管苗,利用抗蒸腾剂可明显提高核桃(*Juglans regia* L.)组培幼苗的存活率,并可显著增加植株生长量,从而为核桃的微繁殖提供一个简单、实用的方法<sup>[24]</sup>。而因为试管苗叶片的气孔关闭不完善,气孔隆起于相邻细胞表面之上,容易失水状态,致使试管苗在移栽过程中容易失水过度,从而造成生理伤害。在树木试管苗移栽中使用抗蒸腾剂,则能显著抑制试管苗叶片气孔开度,降低蒸腾速率,明显提高移栽成活率<sup>[10,25,26]</sup>。章中等<sup>[27]</sup>研究提出,抗蒸腾剂能够提高造林成活率。园林专家也已经把抗蒸腾剂应用到北京申奥大道(四环路)的绿化带养护上,以此来保证园林树木的成活率<sup>[28]</sup>。

### 2.2 提高林木抗逆性

许多学者对抗蒸腾剂提高植物抗逆性方面做了

大量研究。齐永顺<sup>[29]</sup>发现在干旱条件下,生化黄腐酸(BeFA)能促进海棠(*Malus prunifolia* Borkh.)生长发育,使植株生长健壮,提高其抗旱能力。吴开勇等<sup>[30]</sup>以桑树(*Morus alba* L.)为试验材料对喷施抗蒸腾剂黄腐酸(FA)进行过研究,结果表明抗蒸腾剂能有效控制水分蒸腾,提高作物抗旱能力。通过对柑桔(*Citrus* sp.)进行的试验发现柑桔喷施抗蒸腾剂后,在 $-9\sim-10^{\circ}\text{C}$ 条件下,对柑桔苗进行人工防冻处理,喷施抗蒸腾剂处理的柑桔冻害评级为二级,而对照嫁接接口以上全部死亡,冻害评级为五级,说明抗蒸腾剂能够提高柑桔抵御冻害的能力<sup>[31]</sup>。

使用抗蒸腾剂浸种后,对出苗率有明显促进作用,有利于苗木提前出土和发育根系,增强抗旱性能<sup>[27]</sup>。总之,浓度及方法使用得当的抗蒸腾剂能够提高植物抗逆性,使植物在逆境中更好地生存。

### 2.3 提高果实产量、改善品质、防治病虫害

抗蒸腾剂在林木的促进丰产、防治病虫害等方面的应用研究也取得了一定的进展。随着对抗蒸腾剂研究的进展,人们发现抗蒸腾剂除具有抑制植物蒸腾、可以提高植物抗逆性外,还有其它作用。Davenport等人以美国加利福尼亚州的橄榄(*Canarium album* (Lour.) Raeusch)为试验材料,在收获前1~2周对橄榄树喷以薄膜型抗蒸腾剂(CS-6432、mobileaf),结果表明果实体积增加了5%~15%,取得了明显的效果。在一些果树中已经证实了抗蒸腾剂能够防止某些病虫害,如防止矮化密植的苹果幼树抽干<sup>[32]</sup>和苹果、梨幼树抽条<sup>[33]</sup>以及杀死毛白杨(*Populus tomentosa* Carr.)的某些病虫害<sup>[19]</sup>。柑橘(*Citrus tankan* L.)果树施用抗蒸腾剂旱地龙后结出的果实具有含糖量高、果汁足、口感好以及病虫害少的特点<sup>[34,35]</sup>。

### 2.4 延长果品及花卉保鲜期

抗蒸腾剂可以延长花卉、果品的储藏保鲜期。李进等<sup>[36]</sup>发现抗蒸腾剂也能促进园林植物扦插繁殖生根。汪劲松等<sup>[37]</sup>把抗蒸腾剂应用到玫瑰(*Rosa rugosa* Thunb.)、香石竹(*Dianthus caryophyllus* L.)、菊花(*Dendranthema morifolium* (Ramat.) Tzvel.)等植物切花保鲜中,发现抗蒸腾剂能延长切花的寿命。罗红艺<sup>[38]</sup>也报道过用石蜡、高级醇、硅树脂等抗蒸腾剂在切花贮藏前处理,可阻止贮藏期间气孔全部开放,减少蒸腾,增强切花抗旱力。林艳、施满容、吴岚芳等<sup>[39,41]</sup>对此都作过类似的报道。

### 3 抗蒸腾剂在林业上的应用研究前景展望

#### 3.1 当前存在问题

随着抗蒸腾剂的研究及生产应用的不断发展,抗蒸腾剂在以下方面的问题也初步显现出来:

(1)对动植物、人类的毒害及对环境的污染问题。如醋酸苯汞(PMA)属有机汞,系亲脂性毒物,其残留药效经吸入、食入、皮肤吸收后,可发生口腔炎、急性胃肠炎等皮肤外部症状及神经衰弱综合症、精神障碍、昏迷、瘫痪、震颤、共济失调、向心性视野缩小等神经精神症状,也可发生肾脏损害及比较明显的肝脏损害。

(2)抗旱保水(抗蒸腾)效果的综合评价。目前大多产品在没有进行广泛、深入研究的前提下,宣称对所有植物均有效,缺乏针对性。例如,为了防止植物窒息和中毒,要求药剂膜必须能在气孔处破裂。Andersen 等人在鸟饭树(*Vaccinium ashei* Reade)上施用 VaporGard 后,由于该植物气孔解剖结构独特的原因,叶面形成的膜在气孔处没有破裂,这样 VaporGard 就不适合在鸟饭树上施用。同样,因为多脂松(*Pinus resinosa* Air)针叶气孔中充满了无定型的蜡状物质,用 Down Silicon 处理后,其与气孔中蜡状物结合形成完全无透性的“气孔塞”,由此形成抗蒸腾的外在效果,而不是在叶表面形成连续的薄膜,Down Silicon 同样不适合在多脂松上施用<sup>[1]</sup>。另外,大部分抗蒸腾剂对 CO<sub>2</sub> 和 H<sub>2</sub>O 没有选择透性,会阻碍气体的交换,一定程度上影响植株的光合作用,影响植株生长,这给实际应用又带来了新的问题。

(3)部分抗蒸腾剂价格昂贵,不易推广应用。如脱落酸(ABA)价格高达 5 000 元·g<sup>-1</sup>,虽然经过相关科研机构的不断攻关(如中科院成都生物研究所“九五”科技攻关项目“真菌发酵生产天然脱落酸”和国家“863”计划“天然脱落酸原药及作物专用调节剂新产品研制与示范”),首次在世界上成功实现了天然脱落酸规模化生产,但其价格在近期内的下降幅度仍然不会太大<sup>[42]</sup>。

#### 3.2 研究方向及重点

在未来一段时期,抗蒸腾剂在林业方面的应用研究有望在以下几个方面实现较大的进展和突破:

3.2.1 新型、专用型抗蒸腾剂种类的开发 现在的抗蒸腾剂多为通用型抗蒸腾剂,或者说多为农用型,随着抗蒸腾剂的应用范围的不断扩大,通过对更多

种类的药品和试剂进行研究,研制更适合林木特点的新的抗蒸腾剂类型,如研制专用于苗木移栽、果品保鲜、花卉保鲜及增强林木抗性等不同用途的专用型抗蒸腾剂类别,已经成为林木抗旱研究和抗蒸腾剂研究日益迫切的任务之一。

#### 3.2.2 抗蒸腾剂作用机理的研究有待进一步深入

为了揭示抗蒸腾剂促进林木生长和丰产的机理,这方面的工作需要加强。在研究指标的选用方面,会有更多、更好的研究指标应用于林木施用抗蒸腾剂后的抗旱效果评价,包括现有的生理、生化、形态及叶片生长指标、解剖构造变化等方面方面的单个指标以及在微观、单个或少数几个指标的基础上,经过适当数学方法的统计分析及优化筛选,得出最优的适合特定抗蒸腾剂种类、特定树种、更适合林木特异性(与农作物相比)及林业生产要求的综合评价指标,更加科学有效地开展林业科研工作及指导林业生产实践。

#### 3.2.3 抗蒸腾剂在林业应用中技术和方法的研究

同一种抗蒸腾剂在不同地区、不同气候、不同土壤、不同林木种类、不同时期、不同用量、不同施用方式等方面的应用研究也需要加以考虑,怎样使用抗蒸腾剂才能在林业生产上发挥最佳效果,亦是一个重要的研究方向。

3.2.4 抗蒸腾剂在林业中的示范和推广 现有抗蒸腾剂在林业中的应用研究大部分集中在少数经济林树种上,对用材林研究的较少,尤其是在用材林、经济林的成林方面则更少,且目前都还是小范围小面积小规模的小规模试验,多数尚处于对林木幼苗的试验室盆栽研究,尚未见到对大面积林分的实验及应用报道,真正进入生产应用还不多,而抗蒸腾剂在提高林木抗逆性,促进林木树体状况恢复上(如提高造林成活率和大树移栽成活率)的生产应用,恰恰是抗蒸腾剂发挥应用潜力的主要方向,因此在林木种类方面,抗蒸腾剂的研究及生产应用将延伸至林业生产的各个方面,会有更多的林木种类作为观测及实验的对象,并最终导致林木实验对象的量变引起质变,也不会仅仅局限于小批量幼龄苗木,而将会更多地出现以大面积成年林分乃至特定生物群落为研究对象的相关研究报道。

#### 参考文献:

- [1] 李金洪,李伯航.植物抗蒸腾剂的研究及应用[J].中国农学通报,1993,9(4):28~32
- [2] 李茂松,李森,张述义,等.一种新型 FA 抗蒸腾剂对春玉米生理

- 调节作用的研究[J]. 中国农业科学, 2003, 36(11): 1266 ~ 1271
- [3] 王一鸣. 我国抗蒸腾剂的研究和应用[J]. 腐植酸, 2000(4): 35 ~ 40
- [4] 王天立, 王栓柱. 我国在腐植酸类物质抗蒸腾作用方面的研究进展[J]. 腐植酸, 1996(3): 1 ~ 7
- [5] 梅慧生. 叶面喷施黄腐酸对小麦临界期干旱的生理调节作用的初步研究[J]. 植物生理学报, 1983, 9(2): 143 ~ 148
- [6] 许旭旦. 植物水分消耗的化学控制[J]. 植物生理学通讯, 1983(6): 6
- [7] 滕元文. 抗蒸腾剂及其在果树上的应用[J]. 干旱地区农业研究, 1992, 10(3): 20 ~ 23
- [8] Handique A C. 抗蒸腾剂在茶树上的应用效果[J]. 陈里林[译]. 热带作物译丛, 1993(1): 10 ~ 14
- [9] 赵文义. 抗蒸腾剂应用研究[J]. 内蒙古林业科技, 1994(3): 46 ~ 48, 54
- [10] 师素恩. 抗蒸腾剂在苹果试管苗移栽中的应用研究[J]. 河北农业大学学报, 1994, 17(3): 1 ~ 4
- [11] 冯建灿, 张玉洁, 张秋娟, 等. 干旱胁迫与抗蒸腾剂对喜树几项生理指标及喜树碱含量的影响[J]. 河南农业大学学报, 2002, 36(2): 138 ~ 142, 154
- [12] 滕元文, 等. 抗蒸腾剂对杏树气孔开度及水分状况的影响[J]. 西北农业大学学报, 1988, 16(7): 13 ~ 17
- [13] Steven C Grossnickle. Abscisic acid analogs reduce Planting stress in newly Planted seedlings [R]. Proceedings Forest and Conservation Nursery Associations. 1994.
- [14] 彭子模. 亚硫酸氢钠对植物叶片气孔开度的调节作用[J]. 新疆师范大学学报(自然科学版), 2000, 19(2): 38 ~ 41
- [15] 夏阳. 叶面喷施抗蒸剂对苹果树水分状态的影响[J]. 果树科学, 1996, 13(1): 1 ~ 4
- [16] 舒东睿, 金危危. 不同抑蒸剂在柑桔节水栽培上的运用[J]. 湖南林业科技, 1997, 24(4): 37 ~ 40
- [17] 杨晓玲, 齐永顺. 干旱条件下生化黄腐酸在苹果树上的应用效果及其机制的研究[J]. 腐植酸, 1998(2): 29 ~ 32
- [18] 杨晓玲, 齐永顺. 黄腐酸对葡萄插条生根的影响(简报)[J]. 植物生理学通讯, 1996, 32(1): 19 ~ 20
- [19] 齐康学, 贾小明, 张廷楨, 等. 石蜡处理插穗提高毛白杨扦插成活与生长的研究[J]. 西北林学院学报, 2001, 16(3): 23 ~ 25, 28
- [20] 姜中珠. 外源物质对苗木抗旱性的调节作用[D]. 哈尔滨: 东北林业大学, 2004
- [21] 李建国. 树木移植关键谈[J]. 园林, 2003(1): 21 ~ 22
- [22] 胡运骅, 陈钢. 大树引入城市, 加快上海绿化建设步伐[J]. 中国园林, 2000, 16(4): 13 ~ 15
- [23] 奉树成. 大树引入城市的树种选择原则[J]. 上海建设科技, 1999(3): 25 ~ 26
- [24] 陈双建, 郝敏. 利用抗蒸腾剂提高核桃组培幼苗成活率的改良方法[J]. 山西果树, 2004(3): 60
- [25] 邓琢人, 吕秋银. 叶面对云杉育苗的影响[J]. 吉林林业科技, 1997(3): 12 ~ 13
- [26] 高彦, 白海霞. 蒸腾抑制剂对组培苗出瓶移栽后成活率的影响[J]. 植物生理学通讯, 1997, 33(3): 171 ~ 173
- [27] 章中, 武志成. 荒漠草原草场防护林营造及提高草场生产力的研究[J]. 内蒙古林业科技, 1994(3): 1 ~ 9
- [28] 江楠. 申奥大道的绿化特色[J]. 森林与人类, 2001(8): 20 ~ 21
- [29] 齐永顺. 干旱胁迫条件下生化黄腐酸(BeFA)对海棠苗木生长及生理变化的影响[J]. 腐植酸, 1999(3): 40 ~ 43
- [30] 吴开勇, 陈根成. FA 旱地龙对旱地桑园的影响[J]. 北方蚕业, 1999, 20(1): 10
- [31] 方仁声, 黎建华, 刘菊萍. 叶面喷施沼液防止温州蜜柑冻害的效果及其机理[J]. 江西园艺, 1999(6): 5 ~ 7
- [32] 王建玉, 李道宇. 矮化密植苹果幼树抽干原因及防治措施[J]. 新疆农垦科技, 1996(3): 18 ~ 18
- [33] 张府娥, 高海平. 不同防护剂对防止苹果幼树越冬抽条的效果[J]. 北京林业大学学报, 1998, 20(1): 89 ~ 92
- [34] 曾志和, 叶美贞. 柑喷布“FA 旱地龙”试验效果[J]. 浙江柑桔, 1999, 16(2): 17 ~ 19
- [35] 陈菊莲, 应芝秀. 旱地龙等药剂提高柑橘品质的试验[J]. 浙江柑桔, 2001, 18(4): 26 ~ 26
- [36] 李进, 曾卫军. 促进园林树木扦插繁殖生根的方法与技术[J]. 新疆师范大学学报(自然科学版), 2002, 21(1): 44 ~ 50
- [37] 汪劲松, 姚翔翔. 三种保鲜剂对延缓须苞石竹切花衰老的影响[J]. 湖北师范学院学报(自然科学版), 2003, 23(1): 58 ~ 60
- [38] 罗红艺, 李金枝, 景红娟. 含多效唑保鲜剂对非洲菊切花的保鲜效应[J]. 湖北农业科学, 2003(5): 80 ~ 81
- [39] 林艳, 赵晓琴. 切花月季组培苗微插生根主要因素的探讨[J]. 河北林业科技, 1998(3): 16 ~ 17
- [40] 施满容. 切花衰老的控制措施[J]. 闽东农业科技, 1999(2): 23 ~ 24
- [41] 吴岚芳. 切花贮运保鲜技术与机理[J]. 热带农业科学, 2000(3): 54 ~ 60
- [42] 谭红. 真菌发酵生产天然脱落酸[J]. 精细与专用化学品, 2002, 24: 16 ~ 18