

防热辐射和保湿技术对旱柳枝条在沙漠地区扦插的抗高温胁迫研究

魏 胜 林¹, 魏 婧²

(1. 苏州大学 金螳螂城市建设学院 江苏 苏州 215123; 2. 东南大学 基础医学院, 江苏 南京 210000)

摘 要: 研究了防热辐射和保湿技术对减轻沙地春季扦插枝条的热辐射温度伤害的机理, 探讨了不同沙层温度的传导和变化规律及隔热材料和合适的水分对沙地不同沙层降低热辐射温度的影响。结果表明:“防热辐射技术”对降低表面沙层的高温胁迫有一定的作用, 降低幅度为 7.6%, “防热辐射和保湿技术”对降低表面沙层的高温胁迫有明显的作用, 降低幅度为 19%。应用该技术的旱柳扦插枝条的生长与对照相比, 新生枝数提高 2.5 倍, 平均新生枝长度提高 6.8%, 扦插成活枝条数提高 2 倍, 成活率提高 50%。

关键词: 旱柳; 扦插技术; 热辐射; 高温胁迫; 荒漠化

中图分类号: S 792.12 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001—0009(2010)16—0227—05

我国是世界上受荒漠化危害最为严重的发展中国家, 现有荒漠化面积 262.2 万 km²。荒漠化已成为我国最严重的自然灾害之一, 成为中华民族的心腹大患^[1]。荒漠化防治是我国生态环境建设的关键, 是实现社会、经济全面可持续发展的前提。沙漠化防治可分为植物治沙(又称生物治沙)、工程治沙(又称机械固沙)和旱地节水农牧技术三类。其中, 植物治沙是恢复和改善沙区生态环境的根本措施^[2]。在荒漠化地区营建乔木林仍然是我国目前防风固沙的主要措施, 采用的乔木树种主要是“旱柳”、“意杨”等。近几十年来营建乔木林的主要方法是在荒漠化地区栽植 2 a 生的乔木树苗营建乔木防风固沙林, 但用这种传统的营建乔木林的方法和技术需要购买大量的 2 a 生以上的乔木树苗, 并且在栽植和随后的管理过程中需要浇灌大量的水分, 才能保持较高的成活率, 防风固沙工程的购苗成本和水分管理等环节的经济成本很高, 难以在我国大面积的沙地防风固沙工程中应用和实施。利用部分耐旱乔木枝条扦插容易生根发芽的生物学特性, 如能在荒漠化地区通过枝条直接扦插成苗而营建防风固沙林, 将大大减少工程的经济成本和提高营建防风固沙林的效率。

影响我国荒漠化地区植物枝条扦插成活的关键环

境因素是: 荒漠化地区春、夏季光照强烈, 裸露的沙面接受强烈的太阳光能而产生的热辐射导致扦插枝条的茎干皮层的“灼伤”。荒漠化地区沙地春季白天的沙面温度达到 55℃左右, 夏季白天的沙面温度一般达到 70℃左右, 而 2 a 生的扦插枝条的茎干尚未形成较厚的周皮缓冲沙面传导和辐射的高温, 导致茎干皮层的活组织受“灼伤”死亡。周皮是茎表面的次生保护组织, 由木栓形成层、木栓层和栓内层组成, 木栓层具有质地轻、有弹性、不透水、抗压、隔热、绝缘、抗有机溶剂等特性^[3]。另外, 荒漠化地区的一般沙地沙面的干沙层厚度约在 20 ~ 30 cm, 这些地区春季本身空气干燥, 再加上春季风沙较大, 水分蒸发量很大。由于较厚的干沙层对扦插枝条的水分竞争和枝条向环境的大量失水, 导致春季扦插枝条难以成活或成活率很低。

中国科学院等离子体物理研究所四室在承担国家 863 课题“离子束改良植被与稀土和吸水剂材料联用固沙技术”和“新型吸水剂材料和集成固沙技术在沙漠实验区的中试”的研究中, 从我国荒漠化地区的具体生态特征出发, 针对性地研究出植物枝条在沙地中扦插的“防热辐射和保湿技术”, 该技术较好地解决了防止沙地扦插枝条的热辐射伤害和水分散失两大技术难题, 已申请发明专利。该试验旨在研究这一技术对减轻沙地春季扦插枝条的热辐射温度伤害的部分相关机理, 探讨不同沙层温度的传导和变化规律, 研究隔热材料和合适的水分对沙地不同沙层降低热辐射温度的影响, 为这一技术在我国今后荒漠化地区通过直接应用“旱柳”等枝条扦插营建防风固沙乔木林提供理论依据和技术支持。

第一作者简介: 魏胜林(1958-), 男, 安徽合肥人, 博士, 教授, 硕士生导师, 研究方向为植物生理生态学。
基金项目: 国家“863”资助项目(2002AA327070、2004AA32G060)。
收稿日期: 2010—04—13

1 材料与方法

1.1 模拟沙地条件的沙池和植物材料

1.1.1 模拟沙地条件的沙池 试验在中国科学院等离体物理研究所的模拟沙地条件的沙池中进行。沙池为砖砌水泥结构, 单个沙池结构为 $1.5\text{ m} \times 1.3\text{ m} \times 0.8\text{ m}$, 沙池内盛沙深度为 0.7 m , 共用 2 个沙池。沙池顶棚为弓形, 上方覆盖 12 丝的聚氯乙烯厚塑料防水薄膜。年浇水量和季节浇水量、干沙层厚度等主要环境条件均模拟我国大部分地区的沙地实际生态环境。

1.1.2 植物材料 植物种类是旱柳, 品种为馒头柳 (*Salix matsudana* Koidz. *Umbraculifera*)。扦插枝条为上年生枝条, 枝条长度为 $45 \sim 55\text{ cm}$ 。

1.2 试验设计和方法

1.2.1 试验设计 植物枝条常规扦插为对照; 处理 I 为“防热辐射技术”: 在枝条的上端外套长 30 cm 的直径 $3.0 \sim 3.5\text{ cm}$ 的防热辐射构件, 构件中放入隔热材料; 处

理 II 为“防热辐射和保湿技术”: 在枝条的上端外套长 30 cm 的直径 $3.0 \sim 3.5\text{ cm}$ 的防热辐射和保湿构件, 构件中放入隔热材料和保水材料。对照、处理 I 和处理 II 均是 20 根旱柳扦插枝条。

1.2.2 试验方法 枝条扦插方法: 于 2005 年 3 月 1 日将对照、处理 I 和处理 II 的各 20 根枝条埋入模拟沙池的沙层中, 枝条在沙面以上仅露出 5 cm , 扦插的株、行距为 15 cm 。指标测定方法: 于 2005 年 4 月 1 日分别对沙层表面、 5 cm 和 10 cm 深处的沙层的温度; 处理 I 和处理 II 技术构件的表面、 5 cm 和 10 cm 深处的温度进行测量, 3 次重复。记录测量的时间点为 9:00、11:00、13:00、15:00、17:00 的温度计读数。同时测量记录对应时间点的环境温度。测量使用的是普通 100°C 的温度计。对旱柳枝条发出的新枝长度进行测量的方法为常规方法。见图 1~3 所示。



图1 对照 1 个月的沙池



图2 处理 I 1 个月的沙池



图3 处理 II 1 个月的沙池

1.3 制图软件 OriginPro 7.5。

2 结果与分析

2.1 防热辐射和保湿技术对表面沙层温度变化的影响

图 4 为 4 月 1 日的对照、处理 I、处理 II 的表面沙层温度变化动态曲线。从图 4 可看出, 对照、处理 I、处理 II 的表面沙层温度变化均和环境温度的变化趋势相似, 呈抛物线型变化。但不同技术处理的表面沙层温度变化具体数值明显不同。处理 II 在 5 个测量的时点的温度数值都明显低于对照和处理 I; 处理 I 在 5 个测量的时点的温度数值也都低于对照。这表明隔热材料具有一定的降低表面沙层的热辐射高温作用, 而保水材料和隔热材料联用对降低表面沙层的热辐射高温具有更明显的效果。全天中的对照、处理 I、处理 II 的表面沙层的最高温度均出现在 13:00。其中, 对照的最高温度是 52.5°C ; 处理 I 的最高温度是 48.5°C , 比对照下降

4°C ; 处理 II 的最高温度是 42.5°C , 比对照下降 10°C 。

2.2 防热辐射和保湿技术对 5 cm 深沙层温度变化影响

从图 5 可看出, 5 cm 深的沙层的温度变化曲线和环境温度变化的曲线明显不同。无论是对照、处理 I、处理 II, 其温度变化曲线均呈不对称的抛物线型, 最高温度均出现在 15:00, 而不是 13:00, 这与沙表面温度向沙的下层传导和辐射过程有关。表明 5 cm 深的沙层温度的聚集在时间上和环境的温度变化并不同步, 有一个滞后过程, 就一天而言温度高峰滞后约 2 h 。“防热辐射和保湿技术”在 5 cm 的深沙层具有相似的变化趋势, 这对扦插枝条避开中午高温时段, 缩短一天中高温持续时间, 减少扦插枝条受高温胁迫的持续时间都有明显的作用。对照、处理 I、处理 II 在 5 cm 深沙层 15:00 的最高温度分别是: 对照为 38.5°C ; 处理 I 为 37.5°C ; 处理 II 为 39.0°C , 这一结果表明“隔热材料”和“隔热材料与保水材

料联用”对 5 cm 深的沙层最高温度的影响不明显。从 3 条曲线整体来看,处理 I 的温度均低于对照,这说明隔热材料对 5 cm 深沙层的旱柳扦插枝条的防热辐射温度胁迫仍有一定效果的。处理 II 在 9:00、11:00、13:00、15:00 时间点上的温度均高于对照,仅在 17:00 略低于对照。这是因为处理 II 中的保水材料所吸收的水分在热辐射作用下部分释放水与热有关。因此,使用吸水剂时一定要与相应的水分条件相配合并注意吸水剂在土壤中的使用浓度等条件,才能取得好的效益^[4]。但“防热辐射和保湿技术”在 5 cm 深的沙层最高温度在 39℃ 以下,这一温度是一般耐旱木本植物柳枝条能够忍受的胁迫高温,不会影响旱柳枝条的扦插成活。在 5 cm 深的沙层隔热材料和保水材料对降低热辐射温度已不具有明显意义。有趣的是对照在 5 cm 深沙层的温度,上午 9:00 前升高较快,在 9:00~11:00 时间段的温度上升有一个相对平缓期,这一沙层特殊的热传导现象有待于进

一步研究。

2.3 防热辐射和保湿技术对 10 cm 深沙层温度变化影响

从图 6 看出,无论是对照、处理 I、处理 II,10 cm 深沙层温度变化曲线和环境温度变化曲线明显不同。三者在全天中,随时间的推移温度呈逐渐上升的趋势,对照和处理 I、处理 II 在 10 cm 深的沙层温度变化不明显,而且最高温度出现在 17:00,这也进一步表明沙面接受太阳辐射能量在向深沙层的传导和辐射有一个过程。随着沙层的加深,温度传导和辐射所需的时间明显增加,10 cm 深沙层与对照和 5 cm 深沙层相比,最高温度出现时间分别延迟 4 h 和 2 h。对照、处理 I、处理 II 出现的最高温度分别是 29.5、31.5、31.5℃。这一温度已不会对旱柳 10 cm 深的扦插枝条构成高温胁迫。在 10 cm 深的沙层隔热材料和保水材料对降低热辐射温度也不具有明显的作用。

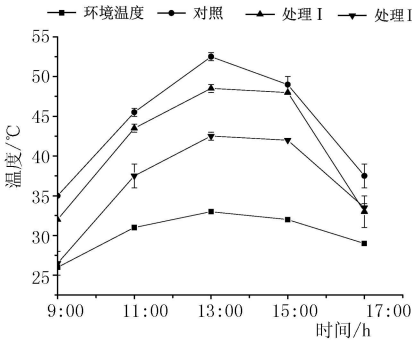


图 4 防热辐射和保湿技术对表沙层温度变化影响

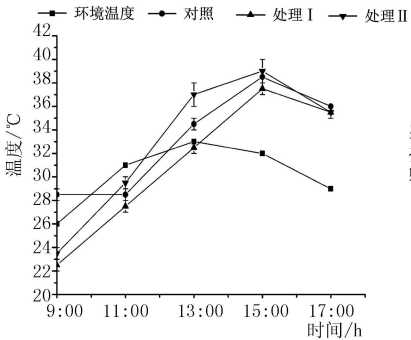


图 5 防热辐射和保湿技术对 5 cm 深沙层温度变化影响

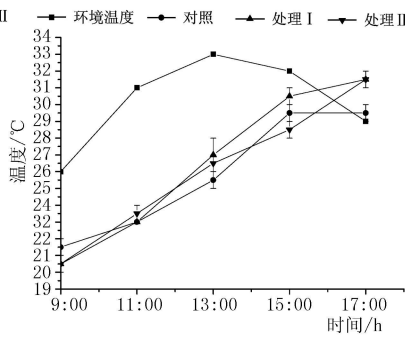


图 6 防热辐射和保湿技术对 10 cm 深沙层温度变化影响

2.4 防热辐射和保湿技术对 1 个月的旱柳扦插枝新生枝生长的影响

表 1 为 4 月 1 日对对照、处理 I 和处理 II 旱柳扦插枝新生枝数、平均新枝长度、成活扦插枝数、成活率的统计结果。从表 1 看出,处理 II 的“防热辐射和保湿技术”的旱柳扦插枝新生枝数与对照相比提高 21 倍,平均新枝长度提高 20.6%,成活扦插枝数提高 8.5 倍,成活率提高 85%。处理 I 的“防热辐射技术”对旱柳扦插枝的生长与对照相比,作用并不明显,仅成活扦插枝数和成活率有所提高。这表明隔热材料对扦插 1 个月的旱柳

枝条春季扦插没有明显的效果,而隔热材料和保水材料联用的处理 II 的“防热辐射和保湿技术”能够提高旱柳扦插枝条的成活和生长。

2.5 “防热辐射和保湿技术”对 2 个月的旱柳扦插枝的新生枝生长的影响

表 2 为 5 月 1 日对对照、处理 I 和处理 II 旱柳扦插枝新生枝数、平均枝条长度、成活扦插枝条数、成活率的统计结果。从表 2 看出,处理 II 的“防热辐射和保湿技术”旱柳扦插枝的生长与对照相比,新生枝数提高了约 2.5 倍,平均新枝长度提高 6.8%,扦插成活枝数提高 2 倍,成活率提高 50%。这说明,“防热辐射和保湿技术”在中春也能够提供旱柳扦插枝沙地扦插枝条成活生长所需防热辐射条件。处理 I 的“防热辐射技术”的旱柳扦插枝条的生长与对照相比,成活扦插枝数提高了约 1 倍,枝条成活率提高了 30%。这说明,旱柳枝条沙地春季扦插采用“防热辐射技术”对 2 个月的扦插枝成活也

表 1 防热辐射和保湿技术对 1 个月的旱柳扦插枝新生枝生长的影响					
处理	新生枝数 / 株	平均新枝 长度/cm	扦插枝数 / 株	成活扦插 枝数/株	成活率 /%
对照	4	3.08±0.567	20	2	10
处理 I	4	2.53±0.377	20	4	20
处理 II	88	3.88±1.517	20	19	95

有一定作用。但“防热辐射和保湿技术”与“防热辐射技术”相比,前者比后者新生枝数、平均新生枝条长度、成活扦插枝数、成活率依次分别提高约2.1倍、33.8%、363%、20%。

表2 防热辐射和保湿技术对2个月的旱柳扦插枝新生枝生长的影响

处理	新生枝数 /株	平均新枝 长度/cm	扦插枝数 /株	成活扦插 枝数/株	成活率 /%
对照	21	6.74±3.075	20	5	25
处理I	24	5.38±2.079	20	11	55
处理II	74	7.20±2.900	20	15	75

“防热辐射和保湿技术”和“防热辐射技术”能够改变旱柳枝沙地春季扦插新生枝的萌发节奏,加快新生枝和叶的萌发和生长进程。从图7、10看出,1个月的模拟对照沙池旱柳扦插枝的芽尚没开始萌动;而图8、11采用“防热辐射技术”的处理I的模拟沙池旱柳扦插枝的芽已开始萌动;图9、12采用“防热辐射保湿技术”的处理II的模拟沙池旱柳扦插枝的芽已长出新的枝和叶。这表明“防热辐射和保湿技术”更能促进旱柳枝在我国荒漠化地区春季扦插成活,缩短扦插枝的成活时间,降低高温对扦插枝的胁迫危害。

2.6 “防热辐射和保湿技术”对旱柳扦插枝新生枝生长节奏的影响



图7 对照旱柳扦插枝条



图8 处理I 旱柳扦插枝条



图9 处理II 旱柳扦插枝条



图10 对照旱柳扦插枝条

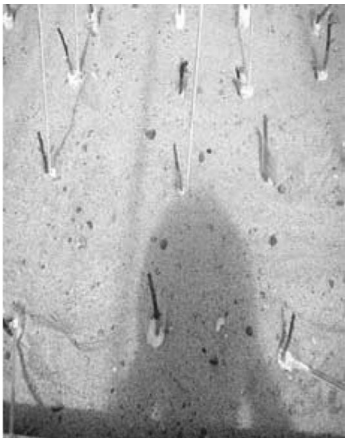


图11 处理I 旱柳扦插枝条

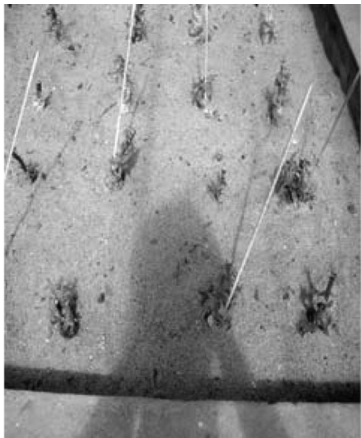


图12 处理II 旱柳扦插枝条

3 讨论

该试验结果表明,解决在荒漠化地区,春季采用旱柳枝直接扦插建防风固沙林的技术关键是降低太阳热辐射造成的沙表面高温。在4月初的中午前后沙面的

高温在荒漠化地区能达到52.5℃以上,这样的高温已经对扦插枝条的皮层活组织构成高温胁迫伤害,致使临近沙面的枝条活组织受“灼伤”而死亡,导致扦插枝条的养分和内源激素的运输通道中断。5cm深沙层和10cm

深的沙层的温度不是影响扦插枝成活的主要因素。因此, 解决荒漠化地区热辐射高温对扦插枝的温度胁迫的影响的关键是降低表层沙面的高温伤害。单一采用隔热材料的“防热辐射技术”对降低表面沙层的温度有限, 在该研究中仅降低 4℃, 降低幅度为 7.6%, 而采用隔热材料和保水材料联用的“防热辐射和保湿技术”具有明显的降低表面沙层温度的作用, 在该研究中降低 10℃, 降低的幅度为 19%。这可能与水分子具有的某些热力学性质有关。

该试验还表明, 太阳辐射对表面沙层造成的高温在向下部深沙层传导和辐射过程中有一个明显的时间滞后过程; 其中在 5 cm 沙层深度当温度聚集达到最高时, 其时间比表面沙层温度达到最高时要滞后 2 h; 在 10 cm 沙层深度当温度聚集达到最高时, 其时间比表面沙层温度达到最高时要滞后 4 h。这种特殊的温度在沙层传导和辐射现象对研究植物枝条在沙地扦插育苗的技术研究具有一定指导和参考价值。这表明 5 cm 深以下的沙层的热辐射温度已经不可能是影响扦插枝成活的重要环境因素。

“防热辐射和保湿技术”能加快扦插枝的萌发进程, 促进扦插枝提前萌发生长, 这与该技术能有效降低沙面热辐射高温, 保障皮层输导组织的活力和运输通道的畅

通有关。需要指出的是虽然保水剂所保持的水分绝大部分都能被植物吸收利用, 但在实际应用时, 由于受土壤结构、组成、水分、温度及通气状况等因素的影响, 只有在一定浓度范围内, 保水剂所保持的水分才能被植物有效地利用^[5]。

该试验运用“防热辐射和保湿技术”2 个月的旱柳枝, 春季在模拟沙池扦插的成活率为 75%, 这与课题组的研究人员应用该技术在内蒙古沙地进行旱柳枝条春季扦插的大面积中试试验结果相一致, 表明该技术对今后在我国荒漠化地区营建防风固沙旱柳乔木林具有一定的参考和应用价值。

参考文献

[1] 卢琦, 杨有林, 吴波. 21 世纪荒漠化研究与治理方略[J]. 中国农业科技报 2000 2(1): 47-53.
[2] 杨连清, 江泽平. 中国沙漠化防治的理论和实践[J]. 世界林业研究 2001, 14(2): 42-48.
[3] 杨继, 郭友好, 杨雄, 等. 植物生物学[M]. 北京: 高等教育出版社, 施普林格出版社, 1999: 32-34.
[4] 李青丰, 徐军, 董天明. 对吸水剂抗旱作用机理一些问题的探讨[J]. 干旱区资源与环境, 2001, 15(2): 85-88.
[5] 李景生, 黄韵珠. 土壤保水剂的吸水保水性能研究动态[J]. 中国沙漠 1996, 16(1): 86-91.

Studies on Resistance to High Temperature Stress of Cuttaged Dryland Willow Branch in “Thermal Radiation Protection and Moisturizing Technology” in Desert Area

WEI Sheng-lin¹, WEI Jing²

(1.School of Golden Mantis City Construction, Soochow University, Soochow, Jiangsu 215123; 2.School of Preclinical Medicine Dongnan University, Nanjing, Jingsu 210000)

Abstract: The mechanism of thermal radiation protection and moisturizing technology to reduce thermal radiation temperature injury on cutting branches in spring of sand soil were studied, the effect of variation, conductivity and insulation materials, suitable water on the different sand educe the radiation temperature were analyzed. The results showed that “thermal radiation protection technology” had some effect on reduction of high temperature stress of the surface sand layer, reduced 7.6%; “Defending heat radiation and moisturizing technology” had obvious effect on reduction of high temperature stress of the surface sand layer, reduced 19%. Growing of cuttaged dryland willow branch in “thermal radiation and moisturizing technology” compared with the contrast, the number of new branch raised 2.5 times, the average length of new branch raised 6.8%, the number of surviving cuttaged branch raised 2 times, survival rate raised 50%.

Key words: dryland willow; cuttage; heat radiation; high temperature stress; deseticated